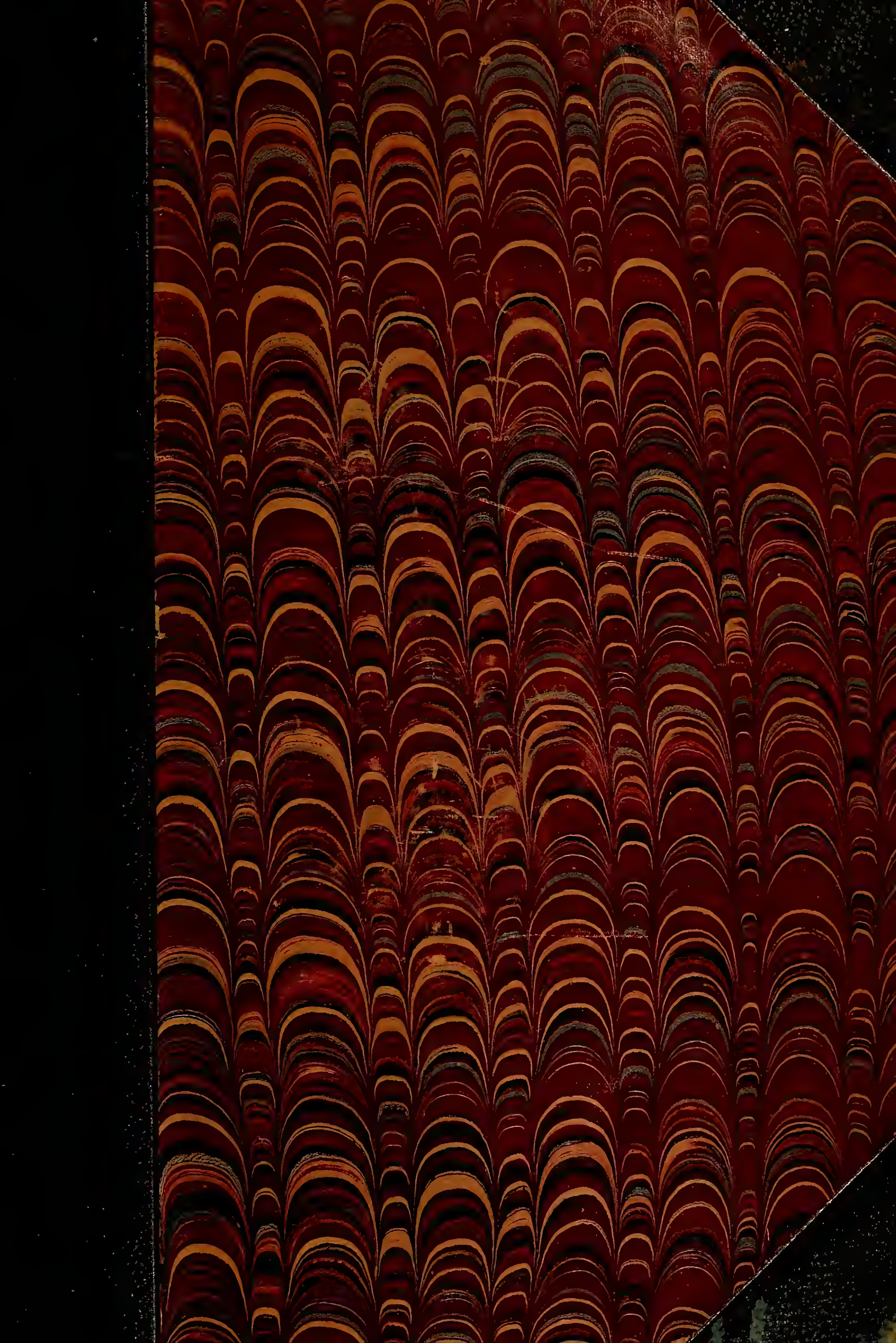
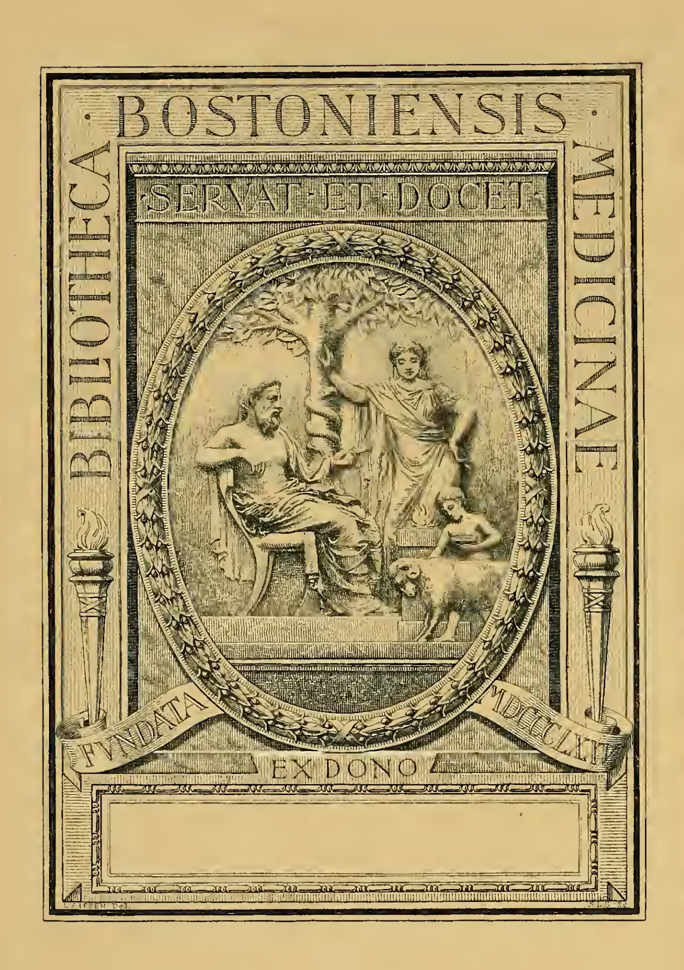



BIBLIOTHECA · BOSTONIENSIS · MEDICINAE
SERVAT · ET · DOCET
FVNDATA
MDCCCLXV
EX DONO





PHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

UEBER DAS

ENDORGAN DES NERVUS OCTAVUS.



PHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

UEBER DAS

ENDORGAN DES NERVUS OCTAVUS

VON

DR. J. RICHARD EWALD,

PROFESSOR E. O. AN DER UNIVERSITÄT STRASSBURG.

MIT 66 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN, 4 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN UND 1 STEREOSKOPBILDE.

WIESBADEN.

VERLAG VON J. F. BERGMANN.

1892.

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Die nachfolgenden Studien widme ich

Herrn

PROF. DR. FRIEDRICH GOLTZ

als ein Zeichen meiner Dankbarkeit für so Vieles, das ich von ihm während meiner nunmehr 14 jährigen Thätigkeit in seinem Laboratorium empfangen habe.

J. Rich. Ewald.



Vorwort.

Zu den in dem folgenden Büchlein beschriebenen Versuchen habe ich hier nichts hinzuzufügen. Mögen sie für sich selbst sprechen. Aber ich möchte ein Wort über jene Versuche sagen, die keinen Platz neben den anderen gefunden haben, weil sie sich im Verlauf der Untersuchungen entweder als entbehrlich oder als unsicherer und complicirter als später gefundene herausstellten. Es sind auf diese Weise im Verlaufe der Zeit sehr viele Versuche ausgeschaltet worden. Ich würde sagen wie Viele, wenn sich die einzelnen Versuche gegen einander abgrenzen liessen. Die meisten bezogen sich auf die Methodik. Sie waren gewissermassen die Zwischenglieder zwischen den andern Versuchen.

In der Methodik steigt man vom Complicirten zum Einfachen auf. Dies gilt ebenso für die Wissenschaft wie für die Technik. Nur scheinbar sind häufig die verbesserten Methoden, Instrumente und Maschinen complicirter als die ursprünglichen. Man muss nämlich stets in Abrechnung bringen, was zu den ehemaligen Apparaten — um hier nur von diesen zu sprechen — in Folge vermehrter Ansprüche hinzugekommen ist. Der Marey'sche Sphygmograph erscheint uns complicirter, als das von Vierordt construirte Instrument, eine Singer'sche Nähmaschine complicirter als die von Thimonnier. Aber es ist nur manigfacher und verwickelter, was wir heute von diesen Apparaten verlangen. Fassen wir nur die ursprüngliche Leistung ins Auge,

so wird diese jetzt mit bedeutend einfacheren Mitteln erreicht. Ohne Weiteres erkennt man die Richtigkeit dieser Behauptung, wo es sich um eine ganz bestimmte, sich nicht allmählig mehr und mehr complicirende Aufgabe handelt. Hier werden die Methoden nicht nur vergleichsweise, sondern auch absolut einfacher. Solche Aufgaben lagen für mich vor, und ich bin von sehr vielen und theilweise sehr complicirten Instrumenten und Apparaten nach und nach zu immer einfacheren Methoden vorgeschritten. Freilich mögen manchem Leser auch diese letzteren noch recht verwickelt erscheinen, aber er möge auch nicht vergessen, dass es sich um ein Operationsgebiet von nur wenigen Quadratmillimetern handelt. Der Ausspruch Franklins, man müsse mit dem Bohrer sägen und mit der Säge bohren können, enthält ja ohne Zweifel einen ganz richtigen Gedanken, aber man kann ihm gegenüber auch behaupten, dass es unmöglich ist, mit einer Blechscheere eine Iridectomie zu machen.

Um alle complicirten Methoden möglichst zu vermeiden, habe ich vereinfacht, wo ich nur immer vereinfachen konnte. Oft habe ich ein Instrument oder einen Apparat construirt, um irgend einen Theil einer Operation zu ermöglichen oder den Erfolg sicherer zu machen. Die Instrumente wurden dann ausgeführt, functionirten sehr gut, waren mir aber häufig zu complicirt in ihrer Anwendung, und ich suchte so lange, bis ich sie durch einfachere Mittel ersetzen konnte. Ich will nicht leugnen, dass es mir hier und da schwer wurde, Apparate, deren Construction mir viel Mühe und Nachdenken gekostet hatte und die an und für sich gut functionirten, dennoch unbenutzt zu lassen, und von Neuem nach einer einfacheren Methode zu suchen. Es gehörte andererseits auch die grosse Selbstlosigkeit des Direktors des physiologischen Instituts dazu, mir immer wieder, auch wenn mitunter ein Sparen sehr geboten erschien, die recht bedeutenden Mittel für diese vielfachen Constructionen zu bewilligen.

Um ein Beispiel zu erwähnen, so habe ich eine ganze Reihe von Apparaten construirt, um die Plomben in den Bogengängen zu durchschneiden, also um einen Schnitt durch einen Cylinder von relativ weichem Metall zu machen, der nur wenig über einen halben Millimeter Durchmesser hat. Aus freier Hand konnte ich nämlich anfänglich nicht sägen, weil sich die Plomben, die damals noch nicht so solide wie später eingesetzt wurden, beim Hin- und Herziehen der Säge lockerten. Eine kleine rotirende Kreissäge sollte deshalb die Durchschneidung ausführen. Nun liegt ja in der Construction einer solchen Säge weiter keine Schwierigkeit, aber in diesem Falle wurde die Aufgabe wesentlich durch die Bewegungsübertragung complicirt, weil sich diese unter gewöhnlichen Umständen nicht ohne Erschütterungen vollzieht und dadurch ein genügendes Festhalten des Instruments in der Hand unmöglich macht. Nach den verschiedensten Versuchen liess ich von der Société Genevoise ein Instrument anfertigen, das völlig erschütterungsfrei war. Die kleine Kreissäge befand sich am Ende eines Stiels, in dem selbst sich ein kleiner Wassermotor, und zwar ein Kapselrad (keine Turbine), befand. Zwei dünne Gummischläuche verbanden den kleinen Motor mit der Wasserleitung, und mit dem Zeigefinger derselben Hand, die das Instrument hielt, konnte man die Kreissäge ein- und ausschalten. Auf der Aufstellung des X. internationalen medicin. Congresses in Berlin 1890 befand sich der Apparat als Nr. 14 meiner ausgestellten Gegenstände. Ich habe viele Plomben mit ihm durchschnitten, er functionirte vorzüglich. Aber ich konnte mich nicht entschliessen, für einen so kleinen Theil einer Operation ein so complicirtes und der besten Pflege bedürftiges Instrument zu empfehlen. Ich versuchte deshalb die Plomben härter und fester zu machen und ermöglichte es dadurch, schliesslich zur einfachsten Methode, nämlich zur Benutzung einer Handsäge zurückkehren zu können.

Doch genug über diese, bei der folgenden Beschreibung

meiner Untersuchungen unerwähnt gebliebenen Vorarbeiten, die mich namentlich in Bezug auf die eigentlichen Operationen sehr lange Zeit beschäftigt haben. Indem ich sie unbeschrieben lasse, verfahre ich wie manche Mathematiker zu thun belieben, welche mit Auslassung aller Zwischenglieder, die ihnen selbst die grösste Mühe gekostet haben, gleich das Endresultat hinsetzen. Während man aber oft Grund hat, mit solchen gekürzten Rechnungen unzufrieden zu sein, sind Klagen über zu kurze physiologische Arbeiten gewiss selten.

Schliesslich noch einige Worte zur Rechtfertigung. War es denn nothwendig, fragt vielleicht der Leser, diese neuen Methoden zu ersinnen? Konnte man nicht auch mit den alten Mitteln vorwärts kommen, und sind denn die nun gewonnenen Resultate derart, dass sie es rechtfertigen, jahrelang nach neuen Methoden gesucht und die gefundenen verbessert zu haben?

Was die erste der beiden Fragen betrifft, so waren meiner Überzeugung nach zur Auffindung der neuen Ergebnisse auch die neuen Methoden unumgänglich nothwendig. Das hindert ja freilich nicht, dass man nun hinterher auch mit den alten Mitteln manche von meinen Resultaten wird constatiren können. Das ist immer so. Nachdem einmal die Dicrotie des Pulses mit neuen Hilfsmitteln gefunden war, konnte man sie auch ohne dieselben demonstriren.

Inwiefern aber meine Befunde von Wichtigkeit sind, so kann eigentlich darüber nur die Zukunft lehren. Es sind Wegweiser, und man kann noch nicht wissen, wie schnell man auf diesem Wege weiter kommt. Es sei mir gestattet, zwei meiner Ergebnisse hier zu erwähnen.

1. Eine Taube hört auch noch nach gänzlicher Fortnahme beider Endapparate des Octavus. Es galt bisher immer der Satz von der Vierheit der künstlichen Nervenreize als ein ganz feststehender. Mechanisch, electrisch, chemisch und thermisch sollte der Nervenstamm reizbar sein, sonst nicht. Indem ich gezeigt habe,

dass der Octavusstamm auf Schall reagirt, habe ich zu diesen Reizen den fünften hinzugefügt. Bisher nahm man an, es müsse im Ohr der Schall in den uns unbekannten natürlichen Nervenreiz umgesetzt werden, gleichwie ja ganz sicher im Auge die Lichtschwingungen eine derartige Umwandlung erfahren. Da nun aber der Octavusstamm durch Schallwellen direct gereizt werden kann, so ist für das Ohr die Reizübertragung keine nothwendige, ja keine wahrscheinliche Funktion mehr. Die Fasern des Hörnerven können direct, ohne Übertragungsapparat, durch den Schall erregt werden.

2. Der Endapparat des Octavus übt einen beständigen Einfluss auf die gesammte quergestreifte Musculatur aus. Die Muskeln können sich auch ohne diesen Einfluss bewegen, aber nicht mit der Accuratesse, welche für viele Bewegungen nöthig ist. Auch wird durch den Fortfall der Labyrinthe das Muskelgefühl geschädigt. Diese Erfahrungen erklären viele bisher räthselhafte Erscheinungen, die man nach Verletzungen und Erkrankungen des Ohres beobachtet hat. Sie sollten auch die Ärzte, besonders die Ohren- und Nervenärzte, veranlassen, bei Erkrankungen des Bewegungsapparates ihr Augenmerk mehr als bisher auf das Ohr zu richten.

Und trotz dieser und anderer Resultate habe ich nur ungern die nachfolgenden Untersuchungen dem Druck übergeben. Es sind, wie schon gesagt, nur Wegweiser darin enthalten, und die Wege bleiben noch grösstentheils zu machen.

Schliesslich meinen besten Dank Herrn J. F. Bergmann. Jeder, der dies Buch aufschlägt, sieht sofort, dass sich in seiner Ausstattung eine ganz besondere Sorgfalt und ein über das Geschäftliche weit hinausgehendes, persönliches Interesse für die Wissenschaft bethätigt hat.

Strassburg i. Els., 15. September 1891.

Physiologisches Institut.

J. Rich. Ewald.



Inhaltsverzeichniss.





Kapitel I.

Das Verhalten der Tauben nach doppelseitiger Entfernung des ganzen häutigen Labyrinths.

Es war bisher keine Methode bekannt, die es gestattete, das ganze Labyrinth der Tauben mit Sicherheit und in der Weise zu entfernen, dass man alle sogenannten Nebenverletzungen ausschliessen konnte. Die Operationen, die man an den Bogengängen und in wenigen Fällen am ganzen Utricularapparat ausführte, verursachten sehr auffallende und meist andauernde Störungen. Es war daher anzunehmen, die gänzliche Entfernung beider Labyrinthe würde sehr in die Augen springende Ausfallserscheinungen verursachen. Es ist das nicht der Fall.

Oft, wenn ich Besuchern des Strassburger physiologischen Instituts eine Taube zeigte, welche bald rechts bald links eine Erbse aufpickte, zum Wassernapf ging und trank, eine andere Taube mit Schnabelstössen verfolgte und davoneilte sobald man sich ihr drohend näherte, wurde ein solches Thier für eine normale Taube gehalten. Und doch fehlten ihr beide Labyrinthe. — In der That verhalten sich die seit langer Zeit labyrinthlosen Tauben nicht sehr abweichend von den normalen Thieren.

Die Ausfallserscheinungen, — es wird später gezeigt werden, dass es sich nur um solche handelt — welche durch den Verlust der Labyrinthe bedingt sind, werden allmählig immer mehr und mehr durch Ersatzerscheinungen (vergl. Kap. XIII. B.) verdeckt.

Aber auch nach Jahr und Tag bleiben doch gewisse konstant gewordene Symptome bestehen, welche offenbar auf den unersetzlichen Rest gewisser Funktionsdefekte zu beziehen sind. Wir wollen diese bleibenden Störungen zuerst besprechen.

A. Das Verhalten der Tauben einige Monate nach der Operation.

1. Kein Symptom lässt darauf schliessen, dass die Thiere an Schwindel dauernd oder zeitweise leiden. Sind sie ungestört sich selbst überlassen, so stehen sie ruhig da und kein Muskel macht irgendwelche anormale Bewegungen. Auf einen erhöhten Tisch gesetzt geht die Taube bis zum Rande desselben, und bleibt hier ruhig stehen. Beim Gehen und Laufen nach einem bestimmten Ort hin, etwa zum Futternapf, wird nie die Richtung in grober Weise verfehlt. Ja ich möchte im Gegentheil glauben, dass solche Thiere überhaupt nicht mehr schwindlig werden können. Sie gehen z. B. für eine kurze Zeit schnell im Kreise nach rechts herum, und dann wenden sie sich häufig und drehen sich nun ebenso schnell in entgegengesetzter Richtung. Man könnte dies Symptom gerade auf einen Schwindelanfall beziehen wollen, aber die Thiere bleiben sofort stehen und hören mit ihrer Drehbewegung auf, wenn man ihre Aufmerksamkeit in irgend welcher Weise plötzlich erregt. Es muss daher dies — übrigens nur ganz selten auftretende — Drehen auf einen Mangel der Empfindung der Drehbewegung bezogen werden, wozu uns das folgende Symptom die Erklärung giebt.

2. Die Tauben zeigen keine Spur mehr von den bekannten unten (Kap. VII) genau geschilderten Reaktionen auf passive Rotation, doch muss bei diesen Versuchen der Einfluss des Auges ausgeschlossen werden.

3. Es liegt nirgends eine Asymmetrie der Störungen vor.

4. Coordinationsstörungen im eigentlichen Sinne des Wortes kommen nicht zur Beobachtung. So werden z. B. beide Flügel stets gleichzeitig bewegt.

5. Die Reflexe sind noch überall vorhanden, spielen sich aber nicht mehr mit der normalen Promptheit ab. Setzt man das Thier auf eine Stange und neigt und dreht man dieselbe in allen Richtungen, so wird die Taube stets eine entsprechende Gegenbewegung machen, um das Gleichgewicht zu behaupten. Sie neigt den Körper nach rechts und links, nach hinten und vorn und hebt oder senkt dabei den Schwanz. Aber man darf die Bewegungen der Stange nicht zu schnell ausführen, sonst kommt das Thier doch zu Fall.

6. Die meisten Autoren, welche sich mit der Funktion der Bogengänge beschäftigt haben, geben als ein charakteristisches Symptom der operirten Thiere eine gewisse Unlust sich zu bewegen an. Auch die labyrinthlosen Tauben bewegen sich nur wenig, falls keine besondere Veranlassung dazu gegeben ist. Sie stehen stundenlang ruhig da, meist mit angezogenem Kopfe und aufgeplusterten Federn. Dabei werden die Schwanzfedern nicht auf den Boden gelegt, sondern bleiben von demselben, wie bei den normalen Thieren, einige Centimeter entfernt. Auch stehen sie ebenso gern wie vor den Operationen auf einem Bein und schlafen oft in dieser Stellung. Da die Thiere nicht fliegen können, so suchen sie nicht die im Käfig angebrachten Stangen auf, setzt man sie aber vorsichtig auf eine derselben, so bleiben sie auch hier lange Zeit nicht nur ruhig stehen, sondern ziehen auch gelegentlich ein Bein in die Höhe. Während nun einerseits dieses Verhalten der Tauben, welches übrigens auch gegen die bereits oben widerlegte Annahme von Schwindelgefühlen spricht, eine gewisse Unlust sich zu bewegen beweist, beobachten wir unter gewissen Umständen eine abnorme Beweglichkeit, ich möchte sagen Unbändigkeit oder Zapplichkeit, an denselben Thieren. Schon der gewöhnliche Gang ist etwas unruhig und hastig, worauf wir später noch genauer zu sprechen kommen. Beim Putzen der Federn, das im Übrigen noch sehr gern und ganz wie früher ausgeführt wird, gebahren sich die Tauben, als

wenn sie keine rechte Zeit dazu hätten und machen dabei viele kleine und hastige Bewegungen. Ist das Thier gewohnt gefüttert zu werden, wie z. B. die blinden Tauben, so löst das Hungergefühl sehr lebhafte Bewegungen aus. Die Taube läuft in grosser Eile hin und her oder im Kreise herum. Sie schlägt mit den Flügeln und bewegt den Kopf beständig auf- und ab. Alles das geschieht in schnellem Tempo und dauert bis zur Erschöpfung an.

Bringt man eine labyrinthlose Taube in einen kleinen Käfig, in dem sie leicht an den Wänden anstösst, so wird sie häufig so unruhig, dass man fürchten muss, das Thier durch Erschöpfung zu verlieren, falls man es nicht nach einiger Zeit wieder aus dem Käfig entfernt. Unter solchen Umständen arbeiten die Tauben mit dem Kopf und allen Extremitäten, fallen dabei um und treten sich auf die Flügel, und wenn sie schliesslich zur Ruhe kommen, so befinden sie sich meist in einer sehr unglücklichen Lage, etwa auf dem Rücken liegend mit dem Kopf unter dem Körper und mit den Füssen die Gitter-Stäbe des Käfigs umkrallend. Sehr auffallend ist diese Unbändigkeit der labyrinthlosen Thiere, wenn man sie einfängt oder wenn man sie zum Zwecke des Fütterns in ein Tuch wickeln will. Während man in diesen Fällen mit den normalen Thieren leicht fertig wird, da sie den Widerstand aufgeben, sobald sie sich gefesselt fühlen, hat man mit den operirten Tauben oft die grössten Schwierigkeiten, und kann es häufig nicht verhindern, dass sie viele Federn dabei verlieren.

Es ist dies gewiss ein interessantes Symptom der labyrinthlosen Thiere. Es scheint bei ihnen einer besonderen Anstrengung zu bedürfen, um die Muskulatur in Bewegung zu setzen, dann aber bleiben offenbar während der Muskelthätigkeit diejenigen Empfindungen aus, welche das normale Thier veranlassen sich wieder ruhig zu verhalten.

7. Die Muskeln zeigen sämmtlich eine abnorme Schlaffheit und die Gliedmassen daher eine auffallende Beweglichkeit:

Versuch 1 —— Man nimmt die Taube in die Hand wie dies in Fig. 1 abgebildet ist, und schüttelt sie von ihrer linken zur rechten Seite und umgekehrt. Man fühlt dann deutlich, dass der Kopf lose auf den Schultern sitzt. Das Symptom nimmt zwar sehr im Laufe der Zeit an Deutlichkeit ab, ist aber doch noch nach Jahren bemerkbar, wenn man den Vergleich mit einer normalen Taube anstellt. Der Kopf der letzteren bewegt sich bei dem Versuch wie ein Boot auf den Wellen; er setzt jeder passiven Bewegung eine eigene entgegen. Der Kopf der operirten Taube fliegt willenlos hin und her fast wie der Kopf eines todten Thieres und schlägt, wenn das Symptom deutlich ist, gegen die Flügelkuppen an. ——



Fig. 1.
Die Taube wird mit dem Bein-Flügel-Griff gehalten und hin und her geschüttelt, um die abnorme Beweglichkeit des Kopfes zu beobachten.

Bei diesem Versuche liegt es nahe, die Erklärung nicht in der Schlaffheit der Muskulatur, sondern in dem Mangel der Bewegungsempfindung zu suchen. Ohne Frage werden ja gewisse Theile des Labyrinths, jedenfalls die Ampullen der Bogengänge durch die Bewegungen des Kopfes in Funktion gesetzt und diese letztere könnte darin bestehen, die Empfindung der Bewegung zu vermitteln. Fällt nun diese mit dem Labyrinth fort, so würde damit die Ursache für das Festhalten des Kopfes der normalen Thiere fehlen und deshalb der Kopf wacklig werden. Ohne Frage hängt auch dies Phänomen mit dem Fortfall der sensiblen Reize, welche bei Bewegungen des Kopfes durch die Bogengänge und vielleicht auch andere Labyrinththeile ausgelöst werden, zusammen. Aber es ist auch eine Schlaffheit der Muskulatur an sich vorhanden, welche freilich lange Zeit nach der

Operation und speziell bei den Tauben schwer an andern als den Halsmuskeln demonstrirbar ist. Der Ersatz, der die Schlaffheit der Muskulatur ausgleicht, besteht, wie es scheint, in einer willkürlich unbewussten, dauernden Innervation, und wenn es nicht gelingt Stellungen und Bedingungen herbeizuführen, welche für das Thier so angeordnet sind, dass der Ersatz versagt, so finden wir statt der Schlaffheit sogar in vielen Fällen eine erhöhte Spannung der Muskulatur. Das gilt z. B. von der Flügelmuskulatur. Wenn wir die Taube in die Hand nehmen und die Flügel auszubreiten suchen, so leisten sie einen sehr starken und wohl stärkeren Widerstand als beim normalen Thier, hängen wir die Taube aber an den Füssen auf (vergl. Kap. VIII), so tritt nach kurzer Zeit eine Ermüdung der Ersatz-Innervation ein, und die Schlaffheit tritt dann gewöhnlich auch noch nach Jahren deutlich hervor, indem die Flügel schlaff herabhängen, während sie vom normalen Thier halb oder ganz angezogen werden.

8. Die gesammte Muskulatur (quergestreifte) erleidet eine Einbusse in der möglichen Kraftäusserung. Ist das Thier böse und streckt man ihm den Zeigefinger langsam entgegen, so schlägt es zur Abwehr mit dem Flügel auf die Hand oder den Finger. Ein solcher Schlag ist vor der Operation sehr kräftig, fast schmerzhaft, erreicht aber nach der Entfernung der Labyrinthe nie wieder seine ehemalige Stärke. Auf den Flügelschlag beim Fliegen komme ich später noch zu sprechen. Hier möchte ich nur anführen, dass ich die Kraft, mit der die nach oben fixirten Flügel abwärts gedrückt werden, mit einem kleinen Dynamometer häufig gemessen habe. Das Instrument ist noch einer Verbesserung bedürftig, weshalb seine Beschreibung vorläufig unterbleibt. Aber es gab doch sehr deutliche Resultate, und ich konstatirte stets mit ihm, was auch schon das Gefühl der Hand bemerken lässt, dass die Flügel zwar lange Zeit nach der Operation immer noch wieder kräftiger werden, aber nie zu dem alten Kraftzustand zurückkehren.

Die Abnahme der Kraft sowohl der Flügel- wie auch der Beinmuskulatur geht aus dem folgenden Versuche sehr deutlich hervor.

Versuch 2 — Hängt man eine normale Taube an den Füssen auf, wie dies später genau beschrieben werden soll, so hat das Thier die Kraft, sich trotzdem aufzurichten und mit dem Kopf nach oben, den durch die Schlinge zusammengehaltenen Füssen nach unten, davon zu fliegen, soweit es eben die Schnur gestattet. Hierbei kommt zuerst die Beinmuskulatur in Thätigkeit. Das Thier richtet sich gewissermassen an den eigenen Beinen empor und bleibt häufig eine kurze Zeit lang in dieser Lage, auch ohne Flügelbewegungen zu machen. Ferner sind hierbei auch die Flügel sehr wirksam, welche das Thier in dieser schwierigen Lage auch dann noch lange Zeit erhalten, wenn es bereits zu schwach geworden ist um davon zu fliegen. Und selbst wenn die Kräfte nicht mehr ausreichen, um die Umkehr des Körpers nach oben zu ermöglichen, so sieht man an der weiten Amplitude, mit der die Taube nun den Kopf nach unten hin- und herschwingt, wie kräftig der Flügelschlag ist. Wir vergleichen nun mit diesem Verhalten das der operirten Thiere. Sie können sich nicht mehr aufrichten und den Kopf nach oben bringen. Sie schlagen mit den Flügeln, aber ihr Schlag ist wenig kräftig und die Amplitude ihrer Schwingungen nur klein. —

Sehr charakteristisch ist die Schwäche der Stimme, welche besonders gut an männlichen Tauben zu beobachten ist und gleichfalls dauernd bestehen bleibt. Anfänglich kommt es nach der Operation zu gar keiner Stimmäusserung mehr, auch dann nicht, wenn der Tauber die Taube umkost und in alter Weise immer den Kopf wie zum Girren senkt. Später stellt sich die Stimme zwar wieder allmählig ein und kräftigt sich auch bis zu einem bestimmten Grade, bleibt dann aber doch dauernd abnorm schwach.

Auch an den Kieferbewegungen kann man, so lange das

Thier lebt, eine Schwäche bemerken. Wir kommen auf die Methode, wie man die Kraft der Kiefer prüft, später (Kap. VIII) zurück.

Das Thier kann keine Lasten mehr tragen. Ich könnte hier Versuche anführen, die ich in der Weise angestellt habe, dass ich den Tauben kleine mit Schrot gefüllte Säcke auf dem Rücken befestigte. Solche Säckchen, welche vor der Operation keine Schwierigkeiten bereiteten, bringen das Thier später zu Falle. Aber mit Recht kann man diesen Unterschied wenigstens theilweise auf die Unsicherheit des Ganges und nicht auf die Schwäche der Beinmuskulatur zurückführen. Beweisender ist es daher, den Versuch in folgender Weise anzustellen.

Versuch 3 —— Man legt der Taube einen etwa 40 Gr. schweren Ring (Ring des Taubenhalters) einfach um den Hals. Dadurch werden die Bewegungen des Kopfes in keiner Weise behindert, und das Thier trägt auch anfänglich den Ring ganz ruhig mit umher. Bald indessen sinkt der Hals unter der Last immer tiefer und nach nicht langer Zeit berührt der Ring sogar den Fussboden und die Taube ist wie an einen Anker gefesselt. ——

Hat man erst einmal die Unabhängigkeit der Muskelschwäche von den Kopfbewegungen erkannt, so kann man den folgenden Versuch anstellen, der ganz besonders lehrreich ist und der schon für sich allein einen neuen Gesichtspunkt für die Beurtheilung der Labyrinthfunktionen fordert.

Versuch 4 —— Durch eine kleine Bleikugel, welche 20 Gr. schwer ist und 14 mm Durchmesser hat — die Fig. 2 zeigt sie im richtigen Grössenverhältniss zur Taube — ist ein Faden gezogen, der in irgend einer Weise an der Schnabelspitze des betreffenden Thieres befestigt wird. Es genügt hierzu den Faden in ein Stück Modellirwachs einzukneten und letzteres dann um die Schnabelspitze herumzulegen. Oder man hat durch den Oberschnabel einen Ring gezogen (vergl. die Unter-

schnäbel der Fig. 48) und bindet den Faden an diesen fest. Handelt es sich nun um ein normales Thier, so erkennt man leicht, dass dies Gewicht von 20 Gr. für die Halsmuskulatur nur eine geringe Last ist. Die Taube macht Versuche die Kugel fortzuschleudern und wirft sie dabei nach allen Seiten

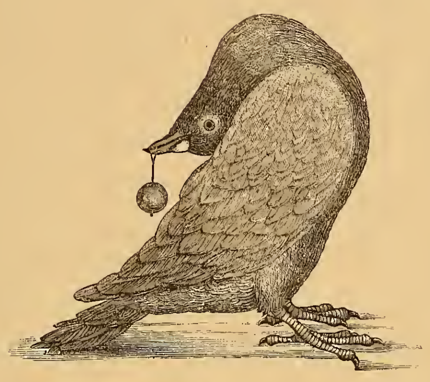


Fig. 2.

Eine 20 gr. schwere Bleikugel ist mit einem kurzen Faden am Schnabel der labyrinthlosen Taube befestigt. Gelangt die Kugel bei den Versuchen, die das Thier macht, sich von derselben zu befreien, nach hinten, so ist die Taube ausser Stande, den Kopf wieder aus dieser Lage zu bringen.

umher. In den Pausen wird der Kopf ganz normal gehalten, und schliesslich läuft oder fliegt die Taube mit der Kugel davon. Wie anders gestaltet sich aber das Bild bei der labyrinthlosen Taube! Für sie ist die Kugel eine ungeheure Last. Hängt die Kugel vorn, so zieht sie den Kopf zwar stark nach unten, aber die relativ kräftige Muskulatur der Kopfheber ist doch noch im Stande sie zu heben und nach rechts oder links herum zu schleudern. Willenlos scheinbar, in Wirklichkeit kraftlos, folgt der Kopf den pendelnden Bewegungen der Kugel, bis schliesslich die Schwingungen die Last einmal nach hinten über den Rücken werfen. Dann ist sofort der Kopf durch die Kugel gefesselt, denn die ihn sonst hebenden Muskeln sind zu schwach um diese für ein nor-

males Thier geringe Mehrbelastung zu bewältigen, und so bleibt er dauernd in der Lage, die durch die Fig. 2 zur Anschauung gebracht wird.

9. Mit dem Schwächezustand der Muskulatur steht wohl ihre leichte Ermüdung in nächstem Zusammenhange. Wir beobachten dieselbe stets, wenn das Thier dieselben Bewegungen häufig nacheinander wiederholen soll. So, wenn wir es im Zimmer einige Zeit zum Gehen veranlassen, noch besser, wenn wir die Flügelschläge beobachten, die das an den Füssen aufgehängte Thier ausführt.

10. Ich möchte zunächst noch ein Symptom hervorheben, welches sich meiner Meinung nach nicht allein durch die Schwäche der Muskulatur erklären lässt. Es besteht in der Unfähigkeit des Thieres seinen Fall mit den Füssen aufzufangen:

Versuch 5 — Einer normalen und einer operirten Taube werden die Flügel durch dünne Gummiringe an den Körper fixirt. Man lässt nun beide in gleicher Weise aus ganz geringer Höhe auf die Füsse fallen. Die normale Taube kommt jedes Mal auf die Füsse zu stehen und fängt den Fall auf, die andere berührt zwar auch mit den Füssen zuerst den Boden, und man sollte meinen, sie würde wie das normale Thier die stehende Stellung behaupten können, aber sie knickt mit den Beinen zusammen, und die Brust schlägt auf den Boden wie wenn die Füsse ganz widerstandslos wären. Dasselbe sieht man auch jedes Mal, wenn das Thier mit freien Flügeln von irgend welcher Höhe herabspringt.

Hier handelt es sich nicht um einen Mangel an Kraft, denn für die zu vollbringende Leistung ist sicherlich noch genug Kraft vorhanden. Ich habe sogar zuweilen gesehen, dass die Thiere die Beine steif machten und dann auf dieselben fielen und wieder in die Höhe schnellten wie strychninisirte Frösche, die man auf die tetanischen Beine fallen lässt. Hier fehlt vielmehr die Möglichkeit schnell zu handeln und wir werden später noch

nähere Gründe dafür kennen lernen. Man kann bei diesem Versuch (5) auch bemerken, dass der Kopf der operirten Thiere ebenso wenig wie der Körper gehemmt wird, wenn die Tauben beim Fallen oder Springen auf den Boden anlangen. Falls es sich um etwas grössere Höhen handelt, so schlägt der Kopf wohl gar auf den Boden auf. Doch bleibt freilich wieder die Möglichkeit, dass sich der Kopf nur deshalb ungehemmt soweit nach unten weiterbewegt, weil seine Bewegung nicht gefühlt wird. Man kann eben auch hier nur eine richtige Beurtheilung des Symptoms gewinnen, wenn man sich nicht an die einzelne Erscheinung allein hält, sondern Gruppen von Anomalien zusammenfasst und ihr gemeinsames Charakteristikum zu erkennen sucht. Wer sich im vorliegenden Fall ein Urtheil bilden will, versäume nicht den folgenden Versuch anzustellen.

Versuch 6 — Es wird ein langer Faden an einem Fuss der Taube befestigt und dann plötzlich mit einem Ruck das Bein fortgezogen. Der Unterschied zwischen einem normalen und einem operirten Thier tritt deutlich hervor. Das erstere bleibt stehen, das zweite kommt zu Fall. Man wiederholt den Versuch, indem man den Kopf der Taube fest in der Hand hält oder in einem Stativ mittelst des Ringes vom Taubenhalter fixirt. Es wird dadurch nichts Wesentliches am Resultat geändert. —

Die operirte Taube bewegt also ihre Muskeln auch dann nicht wie ein normales Thier, wenn der Kopf gar nicht an den mit dem Reiz oder seiner Beantwortung verbundenen Bewegungen theilnehmen kann.

11. Das Muskelgefühl ist sehr abgeschwächt oder ganz aufgehoben.

Versuch 7 — Die operirten Tauben halten den Kopf ziemlich normal. Ganz geringe Abweichungen von der Norm, die beim Gehen zu beobachten sind, kommen noch später zur

Sprache. Nun wird einem solchen Thier die unten (Kap. III) beschriebene lederne Kappe über den Kopf gezogen und die Taube hält dann den Kopf so, wie es die Fig. 3 zeigt. Wir haben eine ganz gleiche Kappe, aus der aber für die Augen zwei kleine Löcher herausgeschnitten sind. Wir vertauschen diese Kappe mit der vorigen und da der Kopf nun wieder normal getragen wird, so sehen wir daraus, dass es nicht die Kappe, sondern die fehlende Orientirung durch den Gesichtssinn ist, wodurch die abnorme Kopfhaltung bedingt wird. Der Kopf sinkt vermöge seiner Schwere nach unten (hinten) und das Muskelgefühl giebt davon keine Kunde. Die Hautsensibilität wurde trotz mannigfacher und sehr sorgfältiger Proben an keiner Körperstelle abgeschwächt gefunden. Oft erschien sie sogar erhöht.



Fig. 3.
Kopfhaltung einer labyrinthlosen Taube, wenn die Orientirung durch das Auge ausgeschlossen ist.

Ob der Kopf bei dem Versuch durch die Schwere nach hinten oder nach vorn herabgezogen wird, ist völlig gleichgültig. Setzt man die Taube auf eine Stange, so wird der Kopf meist mehr nach vorn gehalten und wenn man dann den Gesichtssinn durch die Kappe ausschaltet, so sinkt der Kopf nach vorn herunter und kann sogar auf diese Weise bis zwischen die Füsse gelangen. Nun versteht man auch, weshalb solche Tauben zuweilen mit offenen Augen, wenn sie ganz still dasitzen und einzuschlafen scheinen, den Kopf ganz nach unten fast bis zwischen die Beine, sinken lassen. Auch habe ich schon schlafende Tauben — natürlich immer nur doppelt operirte — in dieser Stellung angetroffen. ——

Andere Versuche über den fehlenden Muskelsinn, lassen sich in späterer Zeit nach der doppelseitigen Entfernung des Labyrinthes nicht gut an Tauben anstellen. Aber der obige Versuch ist auch sehr beweisend, besonders wenn man damit die Erfahrungen am einseitig operirten Frosch, der sein eines Bein nicht anzieht (Versuch 56), und an der einseitig operirten Taube, die einen Flügel hängen lässt (Versuch 26), vergleichend zusammenhält.

Nach der Erkenntniss der angeführten allgemeinen Störungen wird man das Verhalten der Thiere beim Gehen, Laufen, Fliegen, bei der Nahrungsaufnahme, bei den Begattungsversuchen u. s. w. leicht verstehen. Der Gang ist ein wenig schwankend, etwas hastig und unruhig. Doch sind diese Abweichungen von der Norm so gering, dass sie von ungeübten Beobachtern häufig gar nicht bemerkt werden. Auffallender ist es schon, wie das Thier, wenn man es zu schnellerem Gehen veranlasst, mit ungleicher Geschwindigkeit vorwärts eilt. Oft liegt nämlich sein Schwerpunkt etwas zu weit vorn und es macht dann sehr geschwinde Schritte, um den Körper nicht nach vorn fallen zu lassen. Bald darauf kommt es nur langsam vorwärts, weil der Schwerpunkt des Körpers zu weit nach hinten liegt. Es erinnert diese Erscheinung sehr an das Verhalten der Betrunkenen, die ebenfalls bald einige sehr schnelle und lange Schritte machen müssen, um nicht nach vorn zu fallen, bald mit nach hinten gebogenem Körper langsame und kurze Schritte ausführen und dann nicht recht weiter kommen. Wie es immer darauf ankommt, um die Störungen operirter Thiere zur Erscheinung zu bringen, Mittel und Wege zu finden, die die Wirkung der Ersatzerscheinungen ausschliessen, so gelingt es auch, bei unseren Tauben, nachdem der Gang nur noch geringe Unterschiede von der Norm erkennen lässt, sofort die Störungen in voller Grösse zur Anschauung zu bringen, wenn wir folgenden Versuch anstellen.

Versuch 8 —— Die Taube, deren ruhiger Gang nur noch Spuren von anormalen Bewegungen zeigt, wird mit Sorgfalt am ganzen Körper geschoren. Nach dem Verlust aller Federn gehen die normalen Thiere noch mit gewohnter Sicherheit im Zimmer umher. Die operirte Taube taumelt aber nach rechts und links und besonders nach vorn und hinten, fällt dabei hin und kann nur mit Mühe sich wieder erheben. ——

Der Kopf wird beim Gehen gern etwas nach hinten getragen und der Schnabel nach oben gerichtet. Die normalen Tauben zeigen einen merkwürdigen, übrigens bei sehr vielen Vögeln vorhandenen Reflex, den ich als Kopf-Stoss-Reflex bezeichnen möchte. Bei jedem Schritt wird der Kopf gerade nach vorn gestossen und dann etwas langsamer wieder zurück gezogen. Dieser Reflex ist nun bei unseren operirten Thieren nicht verschwunden, aber die Praecision in der Bewegung ist ganz verloren gegangen. Der Kopf wird zwar noch bei jedem Schritt nach vorn bewegt, aber manchmal mehr, manchmal weniger weit, häufig auch etwas nach rechts oder nach links abweichend.

Versuch 9 —— Legt man der labyrinthlosen Taube einen etwa daumendicken Stab in den Weg und veranlasst man sie darüber zu gehen, so verhält sie sich wie ein normales Thier, d. h. sie tritt mit einem Fuss auf den Stab und steigt auf diese Weise über ihn hinüber. Wir wählen nun aber einen dickeren Stab, etwa einen Besenstiel und sehen zu unserem Erstaunen, dass die Taube über denselben fällt. Sehen wir genau zu! Die Taube hebt, an das Hinderniss herangekommen, den einen Fuss in die Höhe um auf den Stab zu steigen, aber sie hebt ihn nicht genug und der Rücken des Fusses berührt den Stab und gleitet vor ihm hinab. Hierbei kommt die Taube zu Fall und stolpert dann, gewöhnlich in ungeschicktester Weise, über den Stab hinüber. Das Thier hat ein Bewusstsein von seiner Ungeschicklichkeit. Wir legen zwei Stäbe der Länge nach nebeneinander und lassen zwischen beiden eine Lücke.

Ein normales Thier steigt lieber über die Stange als einen Umweg zu machen, die operirte Taube sucht die Lücke auf. ——

Ich möchte diesen Versuch denjenigen Herren ganz besonders empfehlen, welche alle Störungen durch solche, die den Kopf betreffen, sei es nun Schwindel oder Ausfall von Bewegungsempfindungen, erklären möchten. Die Taube sitzt ebenso gern wie ein normales Thier auf einer Stange, sie bewegt sich auf derselben in alter Weise, d. h. sie putzt sich die Federn, rutscht mit den Füssen auf ihr entlang, wenn man sie von der Seite her bedroht, sie überschreitet auch in ganz normaler Weise eine dünnere auf dem Boden liegende Stange, sie macht auch den Versuch die dickere zu übersteigen — warum hebt sie aber in diesem letzteren Fall den Fuss nicht genügend hoch? Es hiesse doch in kindlicher Weise auf einer vorgefassten Meinung bestehen wollen, wenn man die Unfähigkeit unserer Thiere das Bein genügend hochzuheben durch ein Schwindelgefühl oder durch den Mangel der Empfindungen der Kopfbewegungen erklären würde.

Versuch 10 — Sehr interessant wird das Verhalten des labyrinthlosen Thieres wenn man das eine Ende eines mehrere Meter langen, dünnen Gummifadens (Querschnitt 1 Quadratmllm.) an ihm befestigt und durch Festhalten des anderen Endes die Bewegungen des Thieres behindert. Ich wähle zur Befestigung des Gummifadens gern einen Ring, den ich durch die Crista des Brustbeins (vergl. Kap. XI) ziehe, oder man kann auch das Ende des Fadens zu einer weiten Oese knüpfen und diese hinter dem Halse vorbei um beide Flügel herum legen. Auch wenn man den Gummifaden an einem kleinen Ringe anbindet, der durch den Oberschnabel der Taube gezogen ist (vergl. Versuch 4), gestaltet sich der Versuch sehr lehrreich. In allen diesen Fällen ist nämlich der Unterschied im Verhalten des operirten und des normalen Thieres ein sehr in die Augen springender und für die ganze Frage von grösster Wichtigkeit. Das normale Thier bemerkt sofort bei seinen Bewegungen den

allmählig wachsenden Widerstand des Gummifadens, den die Muskeln überwinden müssen, es macht abgemessene Gegenanstrengungen, und spannt auf diese Weise den Faden so lange es will und kann. Das operirte Thier merkt dagegen offenbar den zu überwindenden Widerstand anfänglich nicht und wird erst zu einer demselben entgegenwirkenden Muskelbewegung veranlasst, wenn der Körper oder die Extremität bereits in eine mehr weniger anormale Lage gebracht worden ist. Nun kämpft das Thier gegen den Zug des Gummifadens an, aber die Anstrengung ist nicht genau der Stärke des Zuges angemessen, sie ist bald zu schwach, bald zu stark und so kommt es zu den merkwürdigsten und turbulentesten Bewegungen, bei einem Thier, das ohne den Gummifaden eigentlich in ganz normaler Weise geht und läuft. ———

Was nun das Fliegen anbelangt, so tritt hierbei die Störung gewissermassen am handgreiflichsten zu Tage, indem das normale Resultat überhaupt nicht mehr erreicht wird. **Die Tauben ohne Labyrinth können nicht mehr fliegen.** Unter Fliegen verstehe ich hier freilich, sich in die Luft d. h. in grössere Höhe erheben und längere Zeit sich in derselben erhalten können. Denn 20—30 cm hoch erheben sich auch noch die operirten Thiere und fliegen dann einige Meter über den Erdboden hin. Bei diesem kleinen Flug kommt ihnen natürlich der erste Abstoss vom Boden mit den Beinen sehr zu Hülfe und man könnte daher wohl diesen Flug besser einen durch Flügelbewegungen protrahirten Sprung nennen. Und fragt man sich nun, warum die Thiere nicht mehr fliegen können, so bleibt nur der Mangel an Kraft als einzige Erklärung übrig. Denn die Flügelbewegungen sind genau coordinirt, d. h. gleichzeitig, der Kopf wird ganz normal dabei gehalten, die Thiere kippen weder nach der Seite noch nach vorn oder hinten um, zeigen also keine Gleichgewichtsstörungen, sie haben auch keine Angst vor dem Fliegen, denn sie machen häufig Versuche dazu. — Kurz,

alle die Theorien, die man über die Unfähigkeit zu fliegen nach theilweiser Zerstörung der Labyrinthe aufgestellt hat, lassen hier im Stich und es bleibt allein die bisher nie beschriebene Schwäche der Muskulatur als Erklärung übrig. Wer dies nicht aus der Art und Weise, wie die vergeblichen Flugversuche angestellt werden, erkennen kann, der braucht nur die Thiere aus der Höhe herabfliegen zu lassen. Hierbei werden an die Kraft der Flügelbewegungen sehr viel geringere Anforderungen gestellt, und da fliegt denn auch das Thier ganz geschickt. Die Taube schlägt zwar beim Anlangen auf den Boden heftig mit dem Körper auf, theils weil die Beine den Fall nicht gehörig auffangen, theils weil die kräftigen und schnellen Flügelschläge ausbleiben, mit welchen die normalen Thiere in der Nähe des Bodens ihre Fallgeschwindigkeit hemmen, aber das Herabfliegen selbst geht viel regelrechter von Statten als es häufig bei den einseitig operirten Tauben der Fall ist, die doch noch wirklich fliegen, d. h. in die Höhe fliegen können. Damit ist nun freilich noch nicht gesagt, dass, wenn man den doppelseitig operirten Tauben nur die nöthige Kraft wiedergeben, oder ihren Körper entsprechend erleichtern könnte, sie wieder ganz wie normale Thiere fliegen würden. Wir müssen im Gegentheil annehmen, dass dann die übrigen oben besprochenen Störungen im Gebrauch der Muskulatur um so deutlicher hervortreten und ein geschicktes Fliegen unmöglich machen würden. Es ist daher nur in erster Linie die Schwäche, die die Tauben am Fliegen verhindert.

Wir kommen schliesslich zu den Störungen bei der Nahrungsaufnahme. Sie sind nur gering. Die flüssige, wie die feste Nahrung wird selbstständig aufgenommen. Freilich muss zu letzterer das Thier förmlich erzogen werden (vergl. weiter unten), aber es lernt doch so gut wieder fressen, dass es sich sogar von zerstreut auf dem Boden liegenden Erbsen ernähren kann. Oft wird die Erbse allerdings nicht sogleich mit dem Schnabel wirklich erfasst, oft, besonders auf glattem Boden, wird sie nur schief

getroffen und springt weit fort. Auch sieht man zuweilen, dass die Taube eine Erbse vorn im Schnabel hält aber nun nicht im Stande ist, wie es normaler Weise in solchen Fällen geschieht, dieselbe durch eine kurze, schnelle, nach vorn gerichtete Kopfbewegung weit genug nach hinten in den Schnabel zu befördern, um sie mit der Zunge erfassen zu können. Die Taube macht wohl ähnliche Bewegungen mit dem Kopf, aber die Erbse bleibt vorn im Schnabel und fällt schliesslich aus ihm heraus. Uebrigens haben die Thiere auch immer etwas Mühe, um mit dem Schnabel den Boden zu erreichen, eine Störung, die sich am besten bei dem gleich zu beschreibenden Trinken beobachten lässt.

Versuch 11 — Man stellt als Trinkgefäss eine auf dem Boden stehende Schale hin, so dass das Thier gezwungen ist, den Kopf weit nach unten zu bringen, um zu dem Wasser zu gelangen. Die Taube steigt auf den Rand der Schale und hält sich hier ganz sicher und ohne zu schwanken. Wenn sie nun den Kopf senkt, so geht diese Bewegung nicht ganz gleichmässig vor sich, vielmehr bemerkt man eine Anzahl geringer Ruckbewegungen. Dieselben sind der Rest von allmählig so weit verschwundenen viel stärkeren solchen Stössen, welchen sogar ursprünglich immer kleine Aufwärtsbewegungen folgten, so dass der Kopf nur zum Wasser gebracht werden konnte, indem zwischen die Bewegungen nach unten, immer kurze und schnelle Bewegungen wieder zurück nach oben eingeschaltet wurden. Jetzt sieht man aber nur noch, dass der Kopf nicht ganz gleichmässig zum Wasser geneigt wird und ähnlich, wenn auch nicht so deutlich, ist die schon erwähnte Störung beim Aufpicken einer einzelnen am Boden liegenden Erbse.

Eine normale Taube bringt den Schnabel im Allgemeinen nur so weit unter das Wasser, als eben nöthig ist um trinken zu können, aber unsere Taube verfährt anders. Sie taucht den Kopf ganz unnütz tief ein, meist kommen sogar die Augen dabei unter Wasser. Dann trinkt sie mit grösster Hast und Schnellig-

keit, als fühlte sie schon, dass sie nicht mehr lange in dieser Lage werde verharren können. Plötzlich schnellt der Kopf wie mit Federkraft wieder in die Höhe und zwar nicht nur bis zur normalen Lage, sondern weit darüber hinaus und bleibt einige Secunden lang stark nach hinten gebogen mit nach oben gerichtetem Schnabel. Während dieser krampfhaften Kopfstellung pflegt die Taube von dem Rand der Schale herunter, und dann einige Schritte rückwärts zu gehen. ——

Es macht dies Verhalten des Thieres ganz den Eindruck als hätte es einer ausserordentlichen Innervationsanstrengung bedurft, um den Kopf nach unten zu bringen und hier so lange fest zu halten, und als wäre dann plötzlich nach dieser grossen Anstrengung eine vollständige Erschlaffung eingetreten und dadurch ein Ueberwiegen des bereits vorhandenen Antagonistenzuges zu Stande gekommen. Man könnte meinen — und diese Vorstellung würde derjenigen analog sein, welche sich Schiff[1]) über die Kleinhirnstörungen gemacht hat — es läge eine anormale Innervation der Antagonisten vor. Ich glaube es nicht. Es wäre dies auch der einzige Fall einer solchen fehlerhaften Contraction antagonistischer Muskeln nach doppelter Labyrinthentfernung, dem ich aus meinen vielfältigen Beobachtungen keinen zweiten zur Seite setzen könnte, und dann spricht ausserdem der folgende Versuch dagegen.

Versuch 12 —— Eine labyrinthlose zahme Taube wird während des Trinkens in der Hand gehalten und zwar in der Lage, als stände sie auf dem Rande der im vorigen Versuch erwähnten Schale. Sobald der Kopf nach oben schnellt, kehrt man die Taube mit dem Schwanz nach oben. Die Schwere zieht unter diesen Umständen den Kopf nicht wie sonst, wenn seine Rückwärtsbewegung nach dem Trinken erfolgt ist, nach hinten in den Nacken, sondern nach vorn. Der Kopf folgt diesem Zuge und wird in annähernd normaler Lage gehalten. Es han-

[1]) Schiff, M. Ueber die Funktion des Kleinhirns. Pflüger Arch. Bd. 32. 1883, p. 436.

delt sich also nicht darum, dass nach dem Trinken die Muskeln, welche den Kopf heben oder nach hinten ziehen, zu stark contrahirt sind. Es fehlt nur die Kraft die Schwere des Kopfes zu überwinden und die Erscheinung ist einfach ein Symptom der bereits besprochenen überaus leicht eintretenden Ermüdung. Während der Zeit des Trinkens waren die Herabzieher des Kopfes in ununterbrochener Thätigkeit und es folgt darauf ein Zustand vollständiger Erschlaffung.

Aus diesen Gründen und überhaupt nach dem ganzen Verhalten der Thiere bin ich überzeugt, dass bei den erwähnten Bewegungen, die man die Kopfheber und Kopfherabzieher bei der Nahrungsaufnahme ausführen sieht, nicht eine zwischen der einen Muskelgruppe und ihren Antagonisten schwankende Innervation die Ursache ist, sondern vielmehr nur ein An- und Abschwellen der Innervation in der einen Muskelgruppe, den Kopfherabziehern, und dass sich die Antagonisten dabei ganz passiv d. h. wie elastische Bänder verhalten. Diese Ansicht lässt es ganz dahin gestellt, ob die Elasticität der Antagonisten eine normale oder eine anormale ist. Was ich behaupte, ist nur, dass diese Kopfbewegungen nicht durch Innervationsschwankungen zwischen den beiden Muskelgruppen entstehen und daher offenbar ganz anderer Natur sind wie z. B. die Nystagmusbewegungen der Augen und des Kopfes.

Das sind die hauptsächlichen Störungen, die ich noch nach Jahren an den doppelt operirten Tauben habe beobachten können. Da die Uebung für die Ersatzerscheinungen eine so grosse Rolle spielt, so kommt es natürlich auch sehr auf die Bedingungen an, unter denen die Thiere existiren. Meine Tauben befinden sich in einer grossen Volière, in der reichlich Gelegenheit zum Gehen, Laufen, Fliegen, auf einer Stange Sitzen u. s. w. gegeben ist. Unter anderen Bedingungen werden sich einige Symptome besser, andere weniger gut, einige schneller, andere langsamer ausgleichen.

Im Bereich der vegetativen Vorgänge scheinen sich keine Störungen den übrigen anzuschliessen. Erbrechen habe ich bei doppelt operirten Thieren nur ganz selten und dann nur unmittelbar nach der Operation beobachtet. Schon vom nächsten Tage ab ist es nie mehr dazu gekommen. Auch die Faecalmassen sind stets von normaler Beschaffenheit, ein nicht unwichtiges Factum, da B. Lange [1]) nach Kleinhirnoperationen eine auffallende Verflüssigung der Excremente bei den Tauben beobachtet hat.

Merkwürdiger Weise sind mir nach den ersten doppelseitigen Operationen, die ich gemacht habe, beinahe sämmtliche Thiere unter dem Symptom einer ausserordentlich starken Muskelatrophie langsam zu Grunde gegangen, trotzdem sie reichlich Nahrung aufnahmen. In späterer Zeit sah ich indessen die Thiere dauernd im besten Ernährungszustand verbleiben, und es ist jedenfalls sicher, dass eine solche Muskelatrophie auch nach vollständiger Entfernung beider Labyrinthe nicht einzutreten braucht. Eine gewisse Aufklärung hierüber geht aus den von B. Lange [2]) in dieser Beziehung gemachten Erfahrungen hervor. Tauben mit Kleinhirnzerstörungen zeigten dauernd einen sehr guten Ernährungszustand, ebenso die Tauben ohne Labyrinthe; werden aber die Operationen combinirt, so bildete sich in der Regel eine Muskelatrophie aus, welche auch durch die sorgfältigste und reichlichste Fütterung nicht zu verhindern war. Ich glaube nun aber doch nicht, dass in den Fällen, wo sich in meinen Versuchen nach einziger Fortnahme der Labyrinthe eine Muskelatrophie entwickelte, ein krankhafter Process auf das Kleinhirn übergegangen war, denn sowohl das Ausbleiben irgend welcher Kleinhirnsymptome, wie auch das normale Aussehen des Kleinhirns bei

[1]) Lange, B. In wieweit sind die Symptome, welche nach Zerstörung des Kleinhirns beobachtet werden, auf Verletzungen des Acusticus zurückzuführen? Pflüger Arch. Bd. 50 p. 615.

[2]) l. c.

der Section sprechen dagegen. Es handelt sich vielmehr meiner Meinung nach, um eine secundäre Erkrankung der Muskeln, welche sich zuweilen zu den oben geschilderten Störungen gesellt, und welche sich um so leichter ausbildet, falls die Muskelbewegungen auch noch durch Kleinhirnzerstörungen geschädigt sind.

B. Das Verhalten der doppelseitig operirten Tauben kurze Zeit nach der Operation.

Da nur in dem Moment des mechanischen Eingriffs Reizerscheinungen zu beobachten sind, im Uebrigen die Tauben aber nach den Operationen immer nur Ausfallserscheinungen darbieten (vergl. Kap. XIII), so treten weder im Verlauf der Zeit neue Symptome auf, noch verschwinden die einmal vorhandenen ganz wieder. Der Unterschied der kürzlich und der vor langer Zeit operirten Thiere beruht auf der verschiedenen Ausbildung der Ersatzerscheinungen und ist daher im Wesentlichen ein quantitativer, d. h. dieselben Störungen, die wir bereits im vorigen Abschnitt besprochen haben, sind auch anfänglich und zwar in ungleich stärkerem Grade vorhanden. Trotzdem sind sie kurze Zeit nach der Operation schwerer zu beobachten. Denn, wenn auch die Störungen im Allgemeinen um diese Zeit mehr in die Augenspringend sind und häufig sogar einen turbulenten Charakter annehmen, so sind sie doch weit schwieriger in die einzelnen Symptome zu zergliedern und auf ihre wahren Ursachen zurückzuführen. So ergiebt sich, dass für das Erkennen der einzelnen Symptome am günstigsten eine mittlere Zeit nach der Operation ist, wenn nämlich einerseits schon ihre Turbulenz genügend abgenommen hat und sie andererseits doch nicht zu sehr durch den Ersatz abgeschwächt sind. Ja, man muss eigentlich jedes Symptom zu einem anderen Zeitpunkt studiren, da sich die Ersatzerscheinungen sehr verschieden schnell ausbilden. So zeigt sich z. B. die Schwierigkeit die Beine genügend hoch zu heben, um auf eine Stange (vergl. Versuch 9), eine niedrige

Kiste oder dergleichen zu steigen nur während einer gewissen Periode sehr deutlich und während einer anderen als beispielsweise die Fressstörungen.

Da es sich also kurze Zeit nach der Operation wesentlich um dieselben, nur der Stärke nach verschiedenen Störungen handelt wie später, so brauche ich hier nicht noch einmal auf dieselben einzugehen, möchte aber noch die wichtigen Fressstörungen etwas genauer besprechen.

Nach der Entfernung beider Labyrinthe, mag dieselbe einzeitig oder mit langer Zwischenzeit ausgeführt sein, nehmen die Tauben nicht mehr selbständig weder flüssige noch feste Nahrung auf und sie verdursten und verhungern, wenn man sie nicht künstlich füttert. Nach einiger Zeit pflegen sie wieder von selbst zu trinken, aber es dauert Monate bis sie wieder allein fressen können, wenn man sie nicht förmlich dazu erzieht. Letzteres geschieht in der Weise, dass man ihnen Hanfsamen, der sich in einem hohen und daher leicht erreichbaren Gefäss befindet, in den Käfig stellt und ihren Kopf, bevor man sie füttert, einige Mal in den Hanfsamen steckt, den sie dann gewissermassen trinken können. Füttert man nach einiger Zeit etwas knapp, so bemerkt man, dass die Taube anfängt selbständig im Hanf herumzuwühlen, aber zunächst ohne Erfolg. Doch schon nach wenigen Wochen kommt es zum wirklichen Fressen und dann hört man sofort mit dem künstlichen Füttern auf. Der Hanfsamen wird später durch kleine Erbsen ersetzt und schliesslich kann man den Thieren die Erbsen wieder wie ehedem auf den Boden streuen.

Wenn die Thiere wieder anfangen selbständig zu fressen, so ist es sehr interessant sie dabei zu beobachten, was indessen nicht ohne Weiteres gelingt, weil sie sich schon allein durch die Gegenwart eines Beobachters stören lassen:

Versuch 13 —— Durch die Thürspalte wird die Taube von einem benachbarten Zimmer aus beobachtet. Wie es scheint

mit der allergrössten Mühe senkt sie in einigen Absätzen den Kopf bis zum Hanf im hölzernen Becken, und dann schnellt der Kopf blitzschnell zurück und weit über die Normalstellung hinüber, so dass das Hinterhaupt auf den Rücken zu liegen kommt. Gleichzeitig wird aber auch die Brust gehoben und das Thier läuft drei oder vier Schritte rückwärts. Nach wenigen Sekunden geht die Taube dann wieder vorwärts zum Futter heran und genau dasselbe Schauspiel, das ausserordentlich an die Bewegungen eines Automaten erinnert, wiederholt sich von Neuem. ——

C. Das Hören der labyrinthlosen Tauben.

Niemand hat wohl daran gezweifelt, dass die Fortnahme der Labyrinthe vollständige Taubheit zur Folge haben müsse, wie ja auch nach der Entfernung der Augen völlige Erblindung eintritt. Umsomehr überraschte es, die labyrinthlosen Tauben auf Schall reagiren zu sehen, aber auch um so sorgfältiger wurden die Prüfungen angestellt, um die dabei leicht möglichen Irrthümer auszuschliessen.

Wenn die Amplituden des schwingenden Körpers genügend gross sind, so kann man nicht nur den erzeugten Schall hören, sondern auch seine Schwingungen fühlen, und man muss daher bei den Prüfungen nicht nur eine direkte Berührung mit dem tönenden Instrument selbst, sondern auch mit allen Gegenständen vermeiden, welche in Mitschwingungen versetzt werden könnten. Ich habe die im Uebrigen freistehende Taube auf eine dicke Lage Watte gestellt und auf diese Weise sicher ein Fühlen des etwa mitschwingenden Tisches ausgeschlossen. Da man aber bei solchen Experimenten immer gut thut die Wirksamkeit der Anordnungen gewissermassen a fortiori zu prüfen, so wurde in diesem Fall auch nicht versäumt, die Unwirksamkeit absichtlich erzeugter Erschütterung des Tisches festzustellen. Wenn man an dem Tisch kratzte oder mit einem Violinbogen über die Kante desselben strich, so reagirten die Tauben nicht darauf.

Dann ist zweitens, falls der Schall durch einen Luftstrom erzeugt wird, strenge darauf zu achten, dass nicht die Strömung der Luft an und für sich von dem Thiere wahrgenommen werden kann. Es wurde deswegen der Schall in folgender Weise dem Thiere zugeleitet: Nicht weit von dem Kopfe der Taube entfernt, endete ein langer Gummischlauch, dessen anderes Ende in den Mund genommen wurde, und da man nun den Schall mittels einer Inspirationsbewegung erzeugte, so konnte die Taube unmöglich angeblasen werden. Aber auch hier wurde die Probe a fortiori angestellt. Die Taube empfand es nicht, wenn man mit möglichster Kraft, aber ohne einen Ton zu erzeugen durch den Schlauch inspirirte. Um so weniger konnte sie also den relativ schwachen Luftstrom, der zur Hervorbringung eines Tons verwendet wird, wahrnehmen.

Da nun die labyrinthlosen Tauben unter den angegebenen Vorsichtsmassregeln doch noch auf Schall reagirten, so blieb als letzte Möglichkeit die freilich sehr unwahrscheinliche Annahme übrig, es könnten durch den Schall noch andere Körpertheile als der Stamm des Octavus in Mitschwingungen gerathen und diese Bewegungen dann von den Thieren empfunden werden. Allenfalls würden die Trommelfelle oder das Federkleid diese übertragende Rolle spielen können. Nun wird die Membrana tympani secundaria immer schon bei den Operationen zerstört und das äussere Trommelfell, das man bei der Herausnahme des Labyrinths nicht zu verletzen braucht, wurde eigens zum Zweck der Gehörprüfungen entfernt. War bereits längere Zeit nach der Operation vergangen, so bin ich vor den Prüfungen stets noch ein Mal in den äusseren Gehörgang eingegangen, um mich von dem gänzlichen Mangel des Trommelfells zu überzeugen. Was andererseits die Federn betrifft, so konnten diese leicht durch sorgfältiges Scheeren vom ganzen Körper entfernt werden. Aber trotz aller dieser Vorsichtsmassregeln hörten die Tauben alle lauten Geräusche und alle Töne bis zum zweigestrichenen a,

also etwa bis zu 1000 Schwingungen in der Sekunde. Die tieferen Töne wurden besser als die höheren wahrgenommen.

So glaube ich denn alles gethan zu haben, was nöthig und was möglich ist, um das „Fühlen" des Schalles auszuschliessen. Es müssen also die Schallwellen den Stamm des Octavus erregen und auf diese Weise die Gehörempfindung vermitteln. Ja, wenn noch ein Zweifel in dieser Beziehung bestehen könnte, so würde er durch den Erfolg, den die Vernichtung des Nervenstammes selbst hat, endgültig beseitigt werden.

Man kann das labyrinthlose, noch hörende Thier dadurch stocktaub machen, dass man die Octavus-Aeste ausbohrt, indem man mit kleinen Haken in die Knochenöffnungen eingeht und dann Spuren einer Arsenikpaste oder von Krotonöl in die Oeffnungen einbringt.

Dies merkwürdige Resultat, das ich bereits im August 1890 veröffentlicht habe[1]), hat seitdem schon eine Bestätigung erfahren, indem Fano und Masini[2]), ganz unabhängig von mir, zu demselben Ergebniss gelangt sind. Ich selbst kann heute noch hinzufügen, dass es mir nun auch am Hunde geglückt ist, einige Wochen nach der vollständigen Entfernung beider Labyrinthe einen Rest von Gehör nachzuweisen.

Bei den Hunden werden die Prüfungen durch den feinen Geruchsinn wesentlich erschwert und man muss daher stets aus weiter Ferne und durch sehr lange Schläuche hindurch den Schall zuleiten. Für alle Thiere gilt aber die unumgängliche Vorschrift die Prüfungen am Abend oder während der Nacht anzustellen, wenn lautlose Stille herrscht und die Thiere mit geschlossenen Augen im Begriff sind einzuschlafen.

---

1) Berl. Klin. Wochenschrift 1890 Nr. 32 (11. August).

2) Fano G. und Masini G. Beitrag zur Physiologie des inneren Ohres. (Vorgetragen vor der Akademie der Medicin zu Genua am 16. Februar 1891.) Centralbl. für Physiol. Bd. IV, Nr. 25. (Der Redaction zugegangen am 22. Februar 1891.)

Kapitel II.

Das Verhalten der Tauben nach nur einseitiger Herausnahme des ganzen Labyrinths.

Während die doppelseitigen Operationen von besonderer Wichtigkeit sind, weil sie die unersetzbaren Funktionen der fraglichen Organe erkennen lassen, treten andererseits bei den einseitig operirten Tauben die Funktionsstörungen sehr viel deutlicher hervor, weil sie hier asymmetrisch und daher bei Weitem mehr in die Augen springend sind. Nun kann aber jedes Labyrinth, wenn auch erst im Laufe der Zeit, den Verlust des anderen ersetzen helfen, und wir müssen daher hier noch viel strenger als bei den doppelt operirten Thieren, zwei Perioden unterscheiden, je nachdem, ob wir es mit schon constant gewordenen oder noch im Schwinden begriffenen Symptomen zu thun haben.

A. Das Verhalten der Thiere einige Monate nach der Operation.

Zu dieser Zeit kann man an den einseitig operirten Tauben ohne besondere Prüfungen schlechterdings keine Abnormität bemerken. Ich selbst habe mich oft genug geirrt und ein solches Thier statt eines normalen in der Volière eingefangen. **Die Tauben mit nur einem Labyrinth können noch fliegen.** Sie erheben sich vom Boden zu beliebiger Höhe, und wenn ihnen das Fliegen vielleicht auch besondere Mühe macht und

sie jetzt dazu eine grössere Anstrengung als in gesunden Tagen machen müssen, es bleibt doch immer die wichtige Thatsache bestehen, dass ein Labyrinth zum Fliegen genügt. Dies eine ist aber dazu, wie wir ja bereits aus dem Vorhergehenden wissen, unbedingt nothwendig.

Vollends ist das Gehen und Laufen, zu welchen Bewegungen ja offenbar viel weniger Kraft und Accuratesse als zum Fliegen nöthig ist, völlig normal und man kann nicht einmal eine gewisse Unlust dazu bemerken, welche allerdings bei manchen Thieren in Bezug auf das Fliegen dauernd bestehen bleibt. Auch werden noch alle Verrichtungen, die das Taubenleben mit sich bringt, aufs Beste besorgt. Die Thiere begatten sich, bauen das freilich auch normaler Weise dürftige Nest, sie legen und bebrüten die Eier und atzen die Jungen. Mit lautem Girren wird die Freundin umworben und mit Schnabelstössen und Flügelschlägen der Feind fortgejagt. Auch bleibe nicht unerwähnt, dass sie ganz wie unversehrte Thiere die feste Nahrung aufnehmen und mit völlig normaler Kopfhaltung trinken.

Man muss also schon besondere Prüfungen mit den Thieren vornehmen, um kleine Reste von Störungen, die sie dauernd behalten, nachzuweisen. Hält man die Taube mittels des Bein-Flügel-Griffs (vergl. Fig. 1) in der Hand fest, so trägt sie den Kopf zunächst noch ganz normal, beschreibt man aber dann mit dem Arm und der Taube einen grossen Kreis durch die Luft oder dreht man sie einige Mal schnell hin und her um ihre Längsachse, so wird sofort der Kopf wieder für einige Zeit anormal gehalten, gewöhnlich wie in der unten beschriebenen Stellung III, doch auch häufig nur wie in Stellung II, d. h. in beiden Fällen nach der operirten Seite hin geneigt. Die Prüfung schlägt nie fehl, und man kann auf diese Weise am leichtesten die operirten Thiere von den normalen unterscheiden.

Auch von den übrigen Störungen (vergl. unten) bleiben

ganz kleine Reste für alle Zeit nachweisbar. Hängt man die Taube an den Füssen auf und hat sie sich in dieser Lage nach heftigen Flügelschlägen beruhigt, so ist der Flügel der operirten Seite weniger ausgebreitet als der andere. Manche Tauben lassen bei diesen Prüfungen noch Jahr und Tag nach der Operation den einen Flügel ganz fallen, während der andere ganz an den Körper angezogen bleibt. Bei anderen Tauben ist der Unterschied nicht so gross, aber doch immer nachweisbar.

Bei einer genauen Statistik über das Stehen auf einem Beine ergiebt sich eine Bevorzugung des Beins der gekreuzten Seite, d. h. die Thiere ziehen öfter das Bein der operirten Seite an, wenn sie auch zuweilen stundenlang allein auf dieser Extremität stehen.

Auch in Bezug auf den Rotationsnystagmus des Kopfes bleibt dauernd ein kleiner Unterschied bestehen. Rotirt die Taube in horizontaler Ebene nach der operirten Seite hin, so erfolgen die Schläge etwas langsamer und sowohl der Reactionsendwinkel, wie auch der Nystagmuswinkel (vergl. Kap. VII), ist etwas kleiner als bei der Rotation in umgekehrter Richtung. Dagegen ist in letzterem Fall der Nachnystagmus nach dem plötzlichen Anhalten stärker ausgebildet. Aber alle diese Unterschiede sind häufig so gering, dass man schon die graphische Methode heranziehen muss, um sie mit Sicherheit festzustellen.

B. Das Verhalten der einseitig operirten Tauben kurze Zeit nach der Operation.

Befreit man unmittelbar nach Beendigung der Operation die Tauben aus dem Taubenhalter, so sieht man schon zur Zeit, wenn nur der Kopf und der Hals entfesselt ist, der übrige Körper aber noch unbeweglich im Halter liegt, einige schwankende Kopfbewegungen auftreten. Nach der gänzlichen Befreiung werden diese Kopfbewegungen noch etwas stärker, sobald sich

das auf dem Boden stehende Thier anschickt einige Schritte zu machen. Dabei schwankt dann auch der ganze Körper und die Thiere fallen nach der operirten Seite hin, ohne jedoch wirklich umzufallen. Ich glaube, dass es sich bei diesen Gleichgewichtsstörungen um eigentlichen Schwindel handelt und es ist dies vielleicht die einzige Zeit, in der nach der Entfernung eines oder beider Labyrinthe ein Schwindelgefühl besteht. Hier möchte ich ein solches annehmen, weil diese Gleichgewichtsstörungen einerseits nur die kurze Dauer von einigen Secunden oder höchstens Minuten haben und andererseits individuell sehr verschieden stark auftreten. Es kommt sogar immer von Zeit zu Zeit eine Taube zur Operation, die keine Spur dieser Schwankungen zeigt, sondern unmittelbar nach der Befreiung fortläuft oder auch gelegentlich fortfliegt. Auch nach der falschen Seite habe ich hie und da eine Taube fallen sehen.

Nach dieser ersten kurzen Zeit können dann alle Tauben vortrefflich gehen, laufen und in die Höhe fliegen. Letzteres thun sie allerdings nicht gerne, doch ist die Scheu davor nicht so gross, wie nach den theilweisen, namentlich doppelseitigen Labyrinthzerstörungen. Man soll aber die Tauben zu dieser Zeit nicht zu grossen Anstrengungen zwingen; sowohl weil die dadurch erzeugte Steigerung des Blutdrucks eine Nachblutung verursachen könnte, und dann, weil es nach heftigen Bewegungen leicht zum Erbrechen kommt, wodurch die Thiere sehr geschwächt und ebenfalls der Gefahr einer Blutung ausgesetzt werden. Ich stelle deshalb die Thiere direct vom Taubenhalter unter eine Drahtglocke und lasse sie hier zunächst 24 Stunden lang ganz ruhig stehen. Auf diese Weise kann man mit Sicherheit eine Nachblutung, und das Erbrechen fast immer vermeiden.

Stellt man den Thieren ein Töpfchen mit Wasser unter die Glocke, so pflegen sie sogleich den Kopf zum Wasser in ganz normaler Weise zu bücken und reichlich zu trinken. Feste Nahrung nehmen sie aber gewöhnlich erst am 2. oder 3. Tage,

wie man wohl schliessen darf, nicht aus Mangel an Geschick, denn sie machen auch keine Versuche dazu, sondern weil sie keinen Appetit haben. Letzterer Grund ist um so wahrscheinlicher, als ja eine Neigung zum Erbrechen besteht, und die Thiere unmittelbar nach der Operation Schwindelsymptome zeigen. Niemals braucht man aber eine Taube, der nur ein Labyrinth fehlt, künstlich zu füttern.

In den nächsten Tagen ändert sich wenig im Verhalten der Thiere. Sie ziehen es vor, sich in der Richtung zur operirten Seite hin zu bewegen, bei etwas schnelleren Bewegungen schwankt wohl hie und da einmal der Körper und zwar ebenfalls nach der operirten Seite hin, und die Unlust zum Fliegen wird immer grösser. Dann aber, etwa vom 6. bis 8. Tage an ändert sich das Bild, das die Thiere darbieten, vollständig, indem der Kopf anfänglich nur schief, allmählig aber immer mehr und mehr verdreht gehalten wird. Ich nenne diese Störung „Kopfverdrehung", weil die damit verbundene anormale Kopfstellung am leichtesten zu beobachten ist, ihre eigentliche Ursache ist aber die Verdrehung des Halses, die sich nur schwer beurtheilen und beschreiben lässt.

Fast alle meine Vorgänger auf diesem Gebiete, an ihrer Spitze Flourens, haben schon Kopfverdrehungen gesehen und sie meist als Secundärerscheinungen beschrieben. Da sie aber die Gesetzmässigkeit, mit der dieses Symptom abläuft, nicht erkannten, so ist ihnen auch seine ausserordentliche Bedeutung für die ganze Labyrinthfrage entgangen.

Die Kopfverdrehungen treten anfallsweise auf, erst selten und von nur Secunden Dauer, dann immer häufiger, Minuten, ja selbst Stunden lang anhaltend. Bei blinden Tauben wird der Zustand der Kopfverdrehung sogar ein dauernder. In den Zeiten zwischen den Anfällen tragen die sehenden Tauben den Kopf wieder fast normal und nur ein wenig zur operirten Seite hin geneigt.

Der Anfall entsteht ganz plötzlich, d. h. das ganz normal

dastehende oder gehende Thier wirft mit einem Mal den Kopf gewaltsam in eine der unten beschriebenen Stellungen der Kopfverdrehung und verharrt in dieser Zwangslage solange, bis es den Kopf wieder aufrichten kann. Letzteres geschieht auch auf einmal in schneller Bewegung, aber doch nicht so schnell und gewaltsam wie der Anfall entsteht.

Viele Tauben können sich aus der Zwangslage in eigenthümlicher Weise befreien. Sie gehen nämlich, wenn während des Anfalls der Kopf auf dem Boden liegt, rückwärts und schrauben dabei gewissermassen den Kopf in die Höhe. Es sieht das sehr merkwürdig aus, um so mehr, wenn es ihnen nicht gleich gelingt und sie es immer wieder versuchen. Häufig ist der Kopf schon in halber Höhe und schnellt dann doch wieder in die Zwangslage zurück.

Ich habe übrigens auch ein Mittel gefunden, um die Anfälle augenblicklich zu beseitigen. Man legt die Taube einfach während des Anfalles auf den Rücken. Sie steht dann auf und läuft mit normaler Kopfhaltung fort.

Wie kommt nun die Kopfverdrehung zu Stande und wodurch werden die Anfälle ausgelöst? Wenn ich sage, dass sich die Hals- und Kopfmuskeln nicht auf beiden Körperhälften gleich stark zusammenziehen, so umschreibe ich damit nur die Thatsache der Kopfverdrehung. Aber wir kennen bereits durch die doppelseitig operirte Taube den schwächenden Einfluss, den die Fortnahme der Labyrinthe auf die Muskulatur ausübt. Die Kopfverdrehung beruht also nicht auf einer zu starken Zusammenziehung der einen Muskeln, sondern auf einer zu schwachen der betreffenden Antagonisten. Sie wird allmählig immer stärker, weil die geschädigten Muskeln immer schlaffer werden.

Aber wenn dieser Unterschied in der Wirkungsweise der Muskulatur vorhanden ist, warum tritt die Kopfverdrehung nur anfallsweise auf? Weil, wie wir später noch genauer sehen werden, die Schädigung der Muskulatur hauptsächlich bei solchen Beweg-

ungen zum Ausdruck kommt, bei denen der bewusste Wille, sei es die Bewegung an und für sich, sei es eine besondere Kraft oder Accuratesse verlangt. Geht das Thier einfach umher, putzt es sich die Federn oder pickt es ungestört sein Futter auf, so spielt dabei der bewusste Wille keine grosse Rolle. Entgrosshirnte Thiere thun das im Allgemeinen auch, und bei unsern halbseitig labyrinthlosen Tauben functioniren unter solchen Umständen die beiden Muskulaturen, die normale und die geschädigte, in ähnlicher Weise. Soll aber die Muskulatur einen besonderen Willensimpuls zum Ausdruck bringen, so gehorcht nur die normale. Ich habe zahllose Beispiele davon gesehen, aber es lassen sich dafür nur schwer experimentelle Belege beibringen.

Versuch 14 —— Auf eine niedrige umgestülpte Kiste werden zwei kleine Häufchen Erbsen so gelegt, dass das eine sich direkt am Rande, das andere etwas weiter davon entfernt befindet. Die Taube gelangt, durch das Zimmer spazierend, zur Kiste und pickt zunächst mühelos die am Rande liegenden Erbsen auf. Nachdem sie die letzte verzehrt hat, versucht sie die entfernten zu erreichen, kommt aber mit dem Schnabel gar nicht bis dorthin, denn ein Anfall zwingt sie zur Kopfverdrehung. ——

In ähnlicher Weise wirken auch alle psychischen Erregungen auslösend auf die Anfälle. Besonders der Schreck und die Angst.

Versuch 15 —— Jede einseitig labyrinthlose Taube kommt in ein Stadium, wo es genügt in die Hände zu klatschen, um einen Anfall hervorzurufen. Ich hatte einmal gleichzeitig 5 Thiere in diesem Stadium. Wenn ich ruhig an der Volière stand, so hatten sie die Köpfe oben, schlug ich dann aber in die Hände, so legten sie alle wie auf Commando das Hinterhaupt auf den Boden.

Um sich davon zu überzeugen, dass hierbei wirklich der Schreck und nicht etwa ein direkter Reflex von dem noch bestehenden Labyrinthe aus den Anfall auslöst, zog ich, anstatt

zu klatschen, plötzlich ein rothes Tuch aus der Tasche und schwenkte es hin und her. Der Erfolg war der gleiche. ——

Der Anfall kommt aber nicht durch eine plötzliche Aenderung im Zustand der geschädigten Muskulatur zu Stande, sondern durch eine Zusammenziehung der normalen Muskeln und offenbar bildet sich da ein Circulus vitiosus aus. Grade durch den lebhaften Wunsch des Thieres, den durch den Anfall verdrehten Kopf wieder zu heben, wird er immer stärker verdreht und erst, wenn sich die Taube wieder ganz beruhigt hat und die Bewegung gewissermassen sine ira et studio ausführen kann, richtet sich der Kopf wie von selbst wieder auf. Jetzt können wir uns auch erklären, weshalb der Anfall sofort verschwindet, wenn man das Thier auf den Rücken legt. Ueber das Aufstehen vergisst es so zu sagen gegen die Zwangslage des Kopfes anzukämpfen und damit verschwindet der Zwang selbst.

Ich kann übrigens auch einen direkten Beweis dafür geben, dass der Anfall durch die gesunde Muskulatur ausgelöst wird.

Versuch 16 —— Einer Taube, welche sich in dem Stadium der Anfälle befindet, wird auch das zweite Labyrinth entfernt. Es wird darauf kein weiterer Anfall beobachtet, auch unmittelbar nach der Operation nicht. ——

Da in der nächsten Zeit nach der Entfernung des zweiten Labyrinths die mit ihm in Verbindung stehende Muskulatur nur sehr wenig geschädigt ist, so ist nicht einzusehen, weshalb die Anfälle ausbleiben sollten, falls die zuerst erkrankten Muskeln sie auslösen würden. Dagegen erscheint es verständlich, dass die Muskeln, die bisher normal waren, in Folge auch einer nur geringen Schädigung, die aber sie selbst und nicht ihre Antagonisten betrifft, ungeeignet werden, sich in Folge eines Willensimpulses so kräftig zusammen zu ziehen, dass ihr Ueberwiegen den Anfall verursacht.

Die Kopfverdrehung wird ganz allmählig (innerhalb von etwa 8 bis 14 Tagen) immer etwas stärker und sie schreitet dabei in

derselben Weise vorwärts, wie sie auch bei jedem einzelnen Anfall zu Stande kommt. Das heisst, der Kopf durchläuft immer dieselbe Reihe von Stellungen, sowohl bei den täglich sich oft wiederholenden Anfällen wie auch in Bezug auf die allmählig immer anormaler werdenden, während der Dauer der Anfälle eingehaltenen Zwangslagen. Ich unterscheide in dieser Beziehung 6 Stellungen, welche besonders charakteristisch sind und den Gang der Bewegung kennzeichnen. Doch durchläuft der Kopf natürlich auch alle Zwischenstellungen um in die Zwangslage zu gelangen, und auch die letztere ist häufig zwischen den angegebenen Stellungen gelegen.

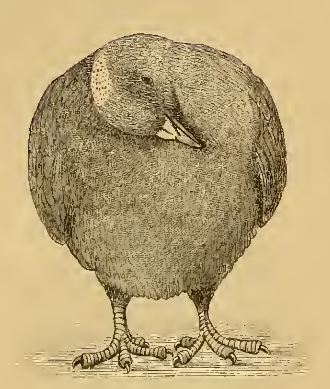
Die Ausgangsstellung, welche noch in den ersten Tagen nach der Operation eingehalten wird und bei der der Kopf, wie bei den normalen Thieren in der Medianebene des Körpers sich befindet, habe ich mit Stellung I bezeichnet (vergl. Fig. 4). Zunächst findet dann eine Neigung [1]) des Kopfes statt, d. h. eine Drehung um die Schnabelachse nach der operirten Seite hin, so dass das Auge dieser Seite tiefer zu stehen kommt, als das andere, wie es als Stellung II in der Fig. 5 abgebildet ist. In dieser und den folgenden Abbildungen ist stets ein auf der rechten Seite operirtes Thier dargestellt. Diese Kopfneigung wird von



Stellung I.
Fig. 4.
Kopfstellung der einseitig labyrinthlosen Tauben kurze Zeit nach der Operation. Der Kopf wird noch ganz normal gehalten. Auf seiner rechten Seite befindet sich in Folge der Operation eine geschorene Stelle.

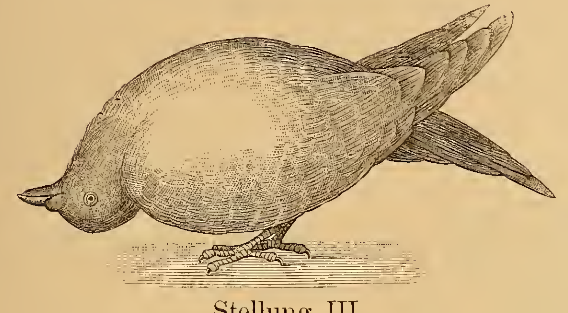
[1]) Man verständigt sich am leichtesten über die Kopfstellungen, wenn man 3 Achsen unterscheidet, nämlich die Schnabel-, die Scheitel- und die Augenachse (vergl. Kap. IV). Die Bewegung um eine derselben oder um eine ihnen parallele Achse wird beziehungsweise als Kopfneigung, Kopfdrehung und Kopfbeugung bezeichnet.

Tag zu Tag stärker und erreicht schliesslich den Grad der Stellung III (Fig. 6), bei der der Kopf völlig umgedreht ist, das Hinterhaupt also nach unten sieht und die Augen wieder in gleicher Höhe stehen, freilich das linke Auge auf der rechten, und das rechte Auge auf der linken Körperseite. Mit dieser Kopfneigung verbindet sich nun aber auch eine Kopfdrehung um die Scheitelachse und zwar ebenfalls nach der operirten Seite hin, wenn man die Bewegung auf den Kopf bezieht. Da sich nun aber der Kopf in umgekehrter Lage befindet, so dreht er sich der nicht operirten Körperhälfte zu und kommt in Stellung IV (Fig. 7). Bei rechts operirten Tauben wendet sich also die Schnabelspitze zur linken Körperseite, und das linke Auge kommt nach vorn zu stehen. Diese Stellungen III und IV sind deswegen von besonderem Interesse, weil bei ihnen der Kopf wohl schon nach abwärts gerichtet ist, aber noch nicht den Boden berührt. Einige Autoren haben geglaubt, die Tauben suchten durch die Kopfverdrehung einen neuen Stützpunkt für die Erhaltung des Gleichgewichts zu gewinnen, aber während der Zeit, in der die Stellungen III und IV die Endstadien der Kopfverdrehung sind, wird der Kopf am Tage eventuell einige Dutzend Mal in diese Lage gebracht, ohne jemals weiter, d. h. bis zur Berührung des Bodens zu gelangen. Auch wird die Kopfbewegung in ganz derselben Weise und eben so oft ausgeführt, wenn die Thiere auf einer Stange sitzen, wie es die Figur 8 zeigt, wo doch die Thiere gar keinen Stützpunkt auch bei noch weiterem Senken des Kopfes finden würden.



Stellung II.
Fig. 5.
Beginnende Kopfverdrehung der einseitig labyrinthlosen Taube etwa 5 Tage nach der rechts ausgeführten Operation.

Immer mehr nimmt die Drehung um die Scheitelachse in der angegebenen Richtung zu und da auch der Kopf noch weiter gesenkt wird, so gelangt er nun auf der gekreuzten Körperseite

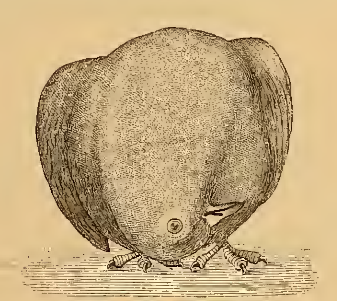


Stellung III.

Fig. 6.

Kopfverdrehung der einseitig labyrinthlosen Taube etwa 10 Tage nach der rechts ausgeführten Operation.

des Thieres mit dem Hinterhaupt auf den Boden, während der Schnabel in einer der Medianebene des Thieres parallelen Ebene nach hinten aufwärts gerichtet ist, Stellung V (Fig. 9). Schliesslich führt der Kopf, während er immer in dieser Ebene verbleibt, noch eine Drehung um die Augenachse derart aus, dass der Schnabel wieder nach vorn zeigt, Stellung VI (Fig. 10). Der Kopf erreicht also endlich wieder seine Anfangsstellung — aber neben dem Thier am Boden. Bisher habe ich noch keine Taube beobachtet, welche nicht nach der einseitigen Entfernung des Labyrinths diese Kopfverdrehung bis zur Stellung VI gezeigt hätte, und jede hat sie immer in genau gleicher Weise erreicht.

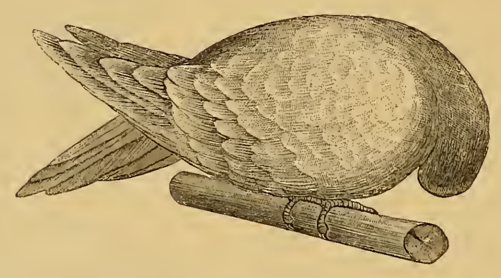


Stellung IV.

Fig. 7.

(Nach einer Momentphotographie.) Kopfverdrehung der einseitig labyrinthlosen Taube etwa 10 Tage nach der rechts ausgeführten Operation. Zur Kopfneigung hat sich eine starke Kopfdrehung gesellt. Auch der Körper wird deutlich nach rechts geneigt.

Die Kopfverdrehung setzt sich wesentlich nur aus einer Kopfneigung um die Schnabelachse zur operirten Seite hin und aus einer Kopfdrehung um die Scheitelachse nach derselben Seite hin zusammen. Hierzu gesellen sich dann noch einige willkürliche Bewegungen, die das Thier nur ausführt, um den Kopf in eine ihm angenehmere Lage zu bringen. So wird die Stellung IV ungern ertragen, wahrscheinlich weil sich dabei das rechte Auge vor der Brust befindet und daher keine freie Aussicht hat. Die Taube macht immer wieder Versuche den Kopf aus der Stellung IV in die Stellung III zurückzudrehen, kann ihn hier aber nicht für längere Zeit lassen. Nach wenigen Augenblicken siegt immer



Stellung IV.

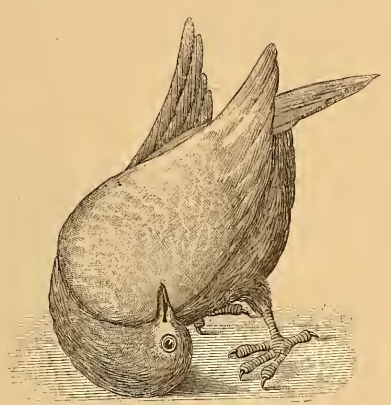
Fig. 8.

Die Kopfverdrehung ist dieselbe wie in der vorigen Abbildung. Die Taube befindet sich auf einer Stange und kann daher nicht mit dem Kopf einen Stützpunkt suchen.

wieder der Zwang, der den Kopf in die Stellung IV treibt. Ich sehe in dem Zurückgehen für einige Augenblicke aus der Stellung IV in die Stellung III hauptsächlich deswegen eine willkürliche Bewegung, weil sich die Kopfdrehung, durch welche sich die beiden Stellungen von einander unterscheiden, im Verlauf der Zeit noch weiter ausbildet. Das linke Auge, welches in Stellung III nach rechts schaut, befindet sich in Stellung IV vorn und geht nun noch weiter nach links, um in die Stellung V zu gelangen. Es würde demnach, wenn die in Rede stehende Bewegung aus der Stellung IV in die Stellung III nicht willkürlich wäre,

ein zeitweiser Rückgang des merkwürdigen Processes stattfinden, was deswegen nicht anzunehmen ist, weil die Kopfneigung, welche in diesem Moment die Lage des Kopfes nach unten bedingt, dabei immer unverändert bleibt.

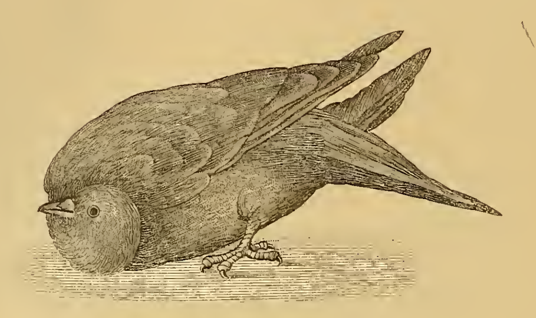
Als eine andere willkürliche Correction der Zwangslage erscheint mir die Drehung des Kopfes um die Augenachse, welche den wesentlichen Unterschied zwischen der Stellung V und der Stellung VI ausmacht. Durch diese Drehung wird der Kopf an und für sich wieder in die Normalstellung gebracht, indem der Schnabel wieder nach vorn zu stehen kommt, und es ist verständlich, dass das Thier diese Lage der Stellung V vorzieht. Zudem ist bis zu diesem Moment keine Andeutung einer Drehung um die Augenachse zu bemerken, welche in den Stellungen III und IV die Schnabelspitze hätte heben müssen.



Stellung V.
Fig. 9.
(Nach einer Momentphotographie.)
Kopfverdrehung der einseitig labyrinthlosen Taube etwa 15 Tage nach der rechts ausgeführten Operation. Das Hinterhaupt berührt den Boden auf der linken Körperseite, der Schnabel ist nach hinten und oben gerichtet. Der Körper ist stark nach rechts geneigt.

Sehen wir also von diesen geringfügigen willkürlichen Bewegungen ab, so besteht die Kopfverdrehung aus einer Kopfneigung und einer gleichzeitigen Kopfdrehung und es fragt sich nun zunächst, wodurch dieselben veranlasst werden. Wer die Erscheinung unbefangen betrachtet, wird gar nicht auf die Idee kommen, dass es sich hier um eine sensible Störung handeln könne. Dagegen spricht sowohl die ausserordentliche Gesetzmässigkeit, mit der sich die Störung einerseits allmählig entwickelt, andererseits in jedem einzelnen Anfall abwickelt, wie auch vor

allen Dingen das Benehmen der Thiere während der Kopfverdrehung selbst. Nichts verräth ein Schmerz- oder ein Schwindelgefühl, das den Anfall verursachen könnte. Im Gegentheil wir beobachten häufig wie ein Tauber in Stellung III auf seinen Feind zuläuft und ihm immer mit dem verdrehten Kopf Schnabelstösse versetzt. Alle Tauben wehren sich in dieser Stellung, wenn sie angegriffen werden. Zahme Tauben nehmen mit verkehrtem Kopf die Erbsen aus dem Munde ihres Herren und zeigen durch



Stellung VI.

Fig. 10.

(Nach einer Momentphotographie.) Kopfverdrehung der einseitig labyrinthlosen Taube etwa 20 Tage nach der rechts ausgeführten Operation. Der Kopf liegt auf der linken Körperseite am Boden, den der Hals berührt. Die oberen Halswirbel bilden mit der Medianebene des Kopfes einen spitzen Winkel. Der Schnabel ist nach vorn gerichtet, der Körper der Taube sehr stark nach rechts geneigt.

ihr ganzes Gebahren, dass sie nicht unter einem abnormen Gefühlszustand zu leiden haben. Sehr leicht kann man auch die folgende Beobachtung an jeder einseitig labyrinthlosen Taube anstellen, wenn man den richtigen Zeitpunkt dafür wählt.

Versuch 17 — Wenn sich die Taube in dem Stadium befindet, dass sie den Kopf beim Anfall in die Stellung III und IV bringt, beobachtet man sie während des Trinkens. Die Wasserschale muss einen senkrechten Rand haben und darf nicht zu klein und zu flach sein. Während nun die Taube auf dem Rand der Schale steht und im Begriff ist den Kopf zum Trinken zu

senken, kommt es sehr häufig von selbst zum Anfall, oder man kann ihn leicht durch Erschrecken der Taube, etwa durch Klatschen in die Hände erzeugen. Das Thier steht nun mit verdrehtem Kopf, das Hinterhaupt dicht über dem Spiegel des Wassers und wenn dann der Anfall nicht gleich vorüber geht, so entschliesst es sich in dieser Stellung zu trinken. Das ist nun nur möglich, indem der ganze Kopf unter Wasser gebracht wird, damit dasselbe von oben her in den Schnabel hineinlaufen kann.

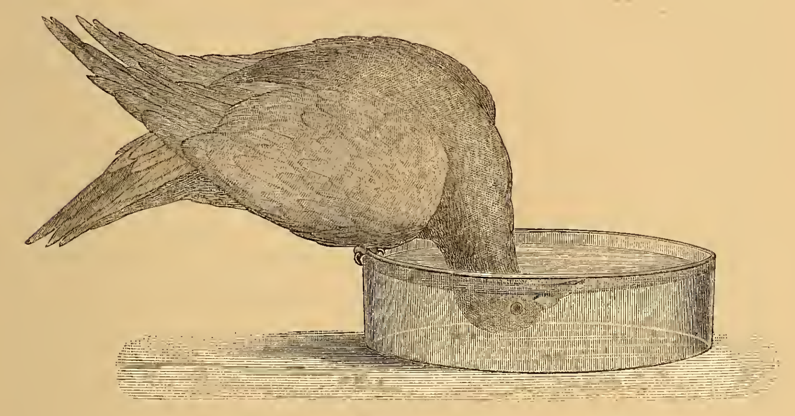


Fig. 11.

(Mit Benutzung einer Momentphotographie.) Während eines Anfalls von Kopfverdrehung (Stellung III) trinkt die Taube, indem sie den Kopf ganz unter Wasser bringt.

Dass die Tauben aber während des Anfalls, wie es die Figur 11 zeigt, trinken, spricht gewiss zu Gunsten meiner Auffassung der Störung. ——

Meiner Meinung nach wird der Kopf in Folge der einseitigen Schwäche der Halsmuskulatur verdreht. Der Kopf folgt dem Zuge der Schwere, und besonders dem Zuge der stärkeren Antagonisten, weil die geschädigten Muskeln zu schwach sind, um gegen diese Kräfte aufzukommen. Es bleibt deshalb die Kopfverdrehung aus, wenn man diese Kräfte, wenn auch nur wenig, abschwächt. Würde es sich aber um

einen inneren, von einer sensiblen Störung ausgehenden Zwang handeln, so wäre der folgende Versuch ganz unverständlich, denn der Taube mit normalen Muskeln wäre es ein Kleines, den geringen Zug des Gummifadens zu überwinden.

Versuch 18 —— Eine Taube, welche häufig den Kopf bis zur Stellung V und VI verdreht, wird auf den Boden mitten ins Zimmer gestellt. Von der Decke hängt ein dünner Zwirnsfaden herab, der sich in einen etwa einen halben Meter langen Gummifaden fortsetzt und schliesslich an den Federn auf dem Scheitel der Taube festgebunden ist. Man kann den Faden auch durch die Haut ziehen oder noch besser ihn auf dem Schädelknochen eingypsen (vergl. Kap. XII). Wenn sich nun die Taube anschickt den Kopf zu verdrehen, so wird dadurch der Gummifaden gespannt und die Verdrehung kommt nie mehr zu Stande. Durch Messung des Abstandes, den das Ende des Gummifadens, während er durch den Kopf der Taube gespannt wird, vom Boden hat, lässt sich später leicht die von ihm ausgeübte Zugkraft bestimmen, und es stellt sich dabei heraus, dass dieser Zug ausnehmend gering ist (20—30 Gr.) und in keiner Weise ein Thier mit normalen Muskeln daran verhindern würde, die Kopfverdrehung auszuführen, wenn es einen inneren Drang dazu verspürte. ——

Es gelang auch, bevor noch irgend eine Abnormität in der Kopfhaltung eingetreten ist, den Spannungsunterschied zwischen der rechten und linken Halsmuskulatur direkt nachzuweisen. Man braucht nur den Kopf der Taube in die Hand zu nehmen und passive Bewegungen um die Schnabelachse auszuführen, um sich von der Verschiedenheit des Widerstandes, den das Thier dabei leistet, je nachdem, ob man den Kopf zur operirten oder zur anderen Seite neigt, zu überzeugen. Genauer sind aber die Versuche in folgender Weise.

Versuch 19 —— a) Einige Stunden nach der Operation, also wenn der Kopf noch dauernd die Stellung I einnimmt,

wird die Taube wieder im Taubenhalter fixirt und auf den freigelegten Schädelknochen ein Holzstab von 10 cm Länge und 2 mm Dicke, genau in der Scheitelachse aufgegypst (vergl. Kap. XII). Nach vollständigem Erstarren des Gypses wird der Kopf der Taube befreit, doch bleibt ihr Körper im Halter. Ein dünner Faden wird am freien Ende des Stäbchens befestigt und nachdem man ihn über eine Rolle geleitet hat, welche rechts oder links von dem Thiere in einem Stativ befestigt ist, hängt man an ihn ein Gewicht von einer bestimmten Grösse (20 Gr.). Je nachdem nun das Gewicht den Kopf nach der operirten oder nach der anderen Seite zu neigen strebt, ist der Winkel, den das Stäbchen mit der Vertikalen macht deutlich verschieden, d. h. der Kopf wird durch das gleiche Gewicht viel stärker zur operirten Seite geneigt.

b) Weniger gross, immerhin schon sehr deutlich, ist um diese Zeit der Unterschied bei der Kopfdrehung um die Scheitelachse. Um ihn festzustellen verfährt man in ganz analoger Weise wie beim eben beschriebenen Versuch, nur wird das Holzstäbchen nicht in der Scheitelachse, sondern nach vorn, parallel der Schnabelachse aufgegypst. ——

Ueber den Unterschied in der eigentlichen Kraftäusserung habe ich schon anderwärts[1]) berichtet und kann von dort den folgenden Versuch entnehmen.

Versuch 20 —— Man halte die Taube mit zusammengelegten Flügeln in der Hand oder man fixire sie im Taubenhalter und binde mittels langer Bindfäden an beide Füsse frei herabhängende gleich grosse Gewichte. Es findet sich dann leicht eine Belastung (50—100 Gr.), welche genügt, das Bein der operirten Seite zu strecken. Wenn man das Gewicht dieses Beins von Zeit zu Zeit hebt und wieder frei lässt, so wird das Bein immer wieder von der Taube angezogen, aber auch stets von Neuem durch

1) Centralblatt für die med. Wissenschaften 1890. Nr. 7 und 8.

das Gewicht gestreckt. Das linke Bein wird dagegen durch dieselbe Belastung nicht gestreckt und wenn man das Gewicht durch Ziehen an dem Faden verstärkt, so dass das Bein schliesslich gestreckt wird, so hebt die Taube nach dem Fortfall dieses Zuges das Gewicht wieder in die Höhe.

Grössere Gewichte (100—200 Gr.) strecken beide Beine. Macht die Taube unter diesen Umständen Anstrengungen, sich zu befreien, so hebt das linke Bein die Last bedeutend höher als das rechte.

Wie die Beugemuskulatur so ist auch die Streckmuskulatur auf der operirten Seite schwächer. Das auf dem Rücken liegende rechts operirte Thier, streckt mit dem linken Bein eine grössere Last in die Höhe als mit dem rechten.

Auf diese Schwäche der Beinmuskulatur der operirten Seite beziehe ich auch die Erfahrung, dass die Tauben mit dem Bein dieser Seite etwas gebeugter stehen, indem die Körperlast hier weniger gut ausgehalten wird. Dadurch neigt sich der ganze Körper zur operirten Seite hinüber (vergl. Fig. 7) Es bildet sich diese schiefe Haltung immer mehr und mehr aus, da das schwächere Bein immer mehr Standbein wird und je mehr es in Folge dessen einknickt, eine um so grössere Last zu tragen hat.

Ein ferneres Symptom dieser Schwäche des Beins der operirten Seite liegt in der Bevorzugung desselben beim Anziehen einer Extremität. Die rechts operirten Thiere stehen weit öfter allein auf dem linken Bein als auf dem rechten und da man experimentell zeigen kann, dass die stärker ermüdete Extremität angezogen wird, so stimmt dies Verhalten der Thiere mit dem besprochenen Kraftunterschied überein.

Die einseitige Schwächung der Kiefermuskulatur wird später (Kap. VIII) besprochen werden, wo diejenigen Störungen zusammengestellt sind, welche in keiner Weise mit der Erhaltung des Gleichgewichts in Zusammenhang gebracht werden können und

so bleibt uns hier nur noch die Schwäche der Flügelmuskulatur zu behandeln.

Um sie zu demonstriren wenden wir eine Methode an, die schon mehrfach erwähnt wurde und auch später noch oft angeführt werden wird. Wir hängen nämlich die Taube an den Füssen auf. Zu dem Zweck hängt ein Bindfaden von der Decke herab und ist am Ende zu einer langen Oese[1]) zusammengeknüpft. Die Oese schlägt man zur Doppelschlinge zusammen und steckt durch diese einfach die beiden Füsse der Taube hindurch. Alle Tauben schlagen in dieser Lage sehr heftig mit den Flügeln, die normalen Thiere bleiben aber, wie schon p. 7 erwähnt, nicht mit dem Kopfe nach unten hängen. Sie sind vielmehr im Stande, sich an den Füssen aufzurichten und fliegen dann, soweit es der Bindfaden gestattet, fort. Erst wenn in der Folge die Ermüdung sich geltend macht, wird auch von den normalen Tauben die hängende Lage mit dem Kopf nach unten beibehalten.

Versuch 21 —— Eine einseitig labyrinthlose Taube wird an den Füssen aufgehängt. Sie kann sich nicht in die Höhe richten, ist also deutlich schwächer als ein normales Thier. In Folge ihrer Flügelschläge dreht sie sich schnell im Kreise herum. Sie sei rechts operirt, dann dreht sie sich links herum, wobei diese Bezeichnung der Rotation, wie immer, im Sinne des Thieres zu verstehen ist. Man darf sich hier nicht dadurch beirren lassen, dass für das herabhängende Thier rechts und links, umgekehrt wie für den Beobachter liegen. Handelte es sich nicht um eine Taube, sondern um einen beliebigen Gegenstand, so würde man die Bezeichnung auf sich selbst beziehen

---

1) Namentlich für die Untersuchung normaler Tauben ist es wichtig, dass die Oese lang sei, damit der Knoten nicht in das Bereich der Schlinge kommt; auch darf der Bindfaden nicht steif sein. Beachtet man diese Vorschriften nicht, so kann die Taube die Füsse aus der Schlinge ziehen, und man büsst mit ihr gewöhnlich auch noch eine Fensterscheibe ein.

und die Rotation als „rechtsherum“ bezeichnen. Ist die Taube erschöpft, so bleibt sie einige Zeit ruhig hängen, dann aber schlägt sie wieder mit den Flügeln und dreht sich dabei immer wieder linksherum. Der linke Flügel schlägt also wirksamer als der rechte und da bei diesen starken und schnellen Flügelschlägen kein Unterschied in der Entfaltung der Flügel zu bemerken ist, so schlägt auch der linke stärker als der rechte. ——

Auf diesen nie fehlschlagenden Versuch möchte ich ganz besonders die Aufmerksamkeit des Lesers lenken. Die Taube dreht sich links herum. Da sie beim Gehen und Laufen immer nur nach der operirten Seite hin, also nach rechts, fällt, da sie auch rechtsherum im Kreise geht, und nach rechts den Kopf neigt, so war dies für viele Autoren ein Hinweis auf einen inneren Trieb oder irgend ein Schwindelgefühl, das in der Bewegung nach rechts seinen Ausdruck finden sollte. Dieser Versuch zeigt nun aber, dass es auf die Richtung der Bewegung gar nicht ankommt, sondern nur darauf, ob der Bewegungsmechanismus bei schwächerer Muskulatur der operirten Seite, eine Drehung im einen oder andern Sinne erzeugt.

Wieder ein anderer Unterschied zwischen der Muskulatur der operirten und der gekreuzten Seite besteht in der Beweglichkeit, d. h. in der Stärke der äusseren oder inneren Reize, welche nöthig sind, um die Bewegungen auszulösen oder ihnen einen gewissen Umfang zu geben. Die Extremitäten der operirten Seite sind weniger beweglich. Man hat oft Gelegenheit die verschiedene Beweglichkeit der rechten und linken Muskeln zu beobachten, so z. B. wenn die Taube mit starker Kopfverdrehung gefallen ist und sich bemüht wieder aufzustehen. Da aber hier die weniger beweglichen Extremitäten meist unter dem Körper liegen, also ungleiche Bedingungen vorhanden sind, so sind die folgenden Versuche viel beweiskräftiger:

Versuch 22 —— Ist bei der an den Füssen aufgehängten rechts operirten Taube eine gewisse Ermüdung eingetreten, so schlägt sie häufig nur noch langsam mit dem linken Flügel, während der rechte ganz unbeweglich bleibt. Schlagen aber in diesem Stadium noch beide Flügel, so sind die Excursionen des linken bedeutend umfangreicher. Die Flügelspitze greift viel weiter sowohl nach hinten als auch besonders nach unten aus. ——

Versuch 23 —— Wenn man eine normale Taube an den Füssen festhält und sie auf- und abwärts bewegt, so breitet sie bekanntlich bei der Abwärtsbewegung die Flügel aus und zwar immer beide in genau gleicher Weise und zu genau gleicher Zeit. Macht man den Versuch mit einem einseitig labyrinthlosen Thier, so bewegt sich der Flügel der operirten Seite weniger als der andere, zuweilen entfaltet sich auch dieser letztere ganz allein. ——

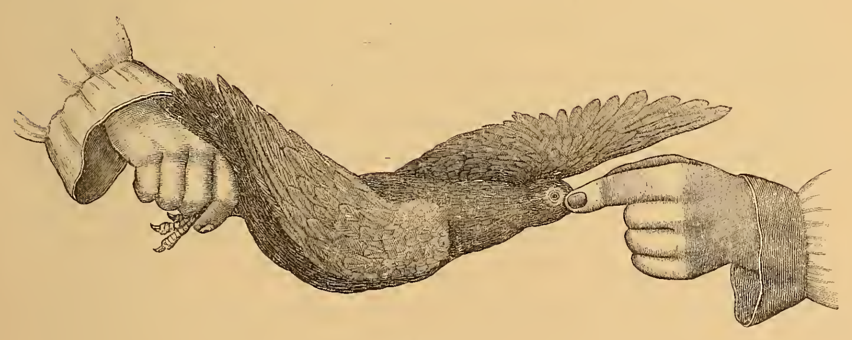


Fig. 12.

Die einseitig (rechts) labyrinthlose Taube wird in der Fuss-Schnabel-Lage gehalten. Bei den Flügelschlägen erreicht der linke Flügel die den Schnabel haltenden Finger; der rechte gelangt nicht so weit, auch wird er mit weniger Kraft und seltener bewegt.

Versuch 24 —— Die einseitig labyrinthlose Taube wird in der Fuss-Schnabel-Lage gehalten, wie es die Fig. 12 zeigt.

Mit der linken Hand hält man die Füsse der Taube, mit der rechten den Schnabel und spannt auf diese Weise das Thier in horizontaler Lage und während sich der Rücken oben befindet, zwischen beiden Händen aus. Bei den Flügelschlägen, die die Taube in dieser Lage ausführt, erreicht die Flügelspitze der gekreuzten Seite die den Schnabel haltende Hand. Der andere Flügel bleibt fast ausnahmslos um mehrere Centimeter von der Hand entfernt. ——

Die verschiedene Beweglichkeit der hinteren Extremitäten wird am deutlichsten durch das immer falsch gedeutete Gehen im Kreise illustrirt. Schon oben (p. 46) wurde gezeigt, dass die Kreisbewegung nichts mit einer Neigung, eine bestimmte Richtung einzuhalten, zu thun hat. Jetzt erkennen wir den Grund für diese Erscheinung in der grösseren Beweglichkeit der Extremität der gekreuzten Seite. Dies Bein macht immer grössere Schritte als das andere und so kommt es zu Kreisbewegungen.

Hierhin gehört auch eine von Curschmann[1]) zuerst beschriebene Erscheinung, die er nach Bogenverletzungen beobachtete, die aber ebenfalls und wohl besonders gut, bei einseitig labyrinthlosen Thieren zu sehen ist. Setzt man die Taube auf eine glatte, ebene Fläche, so kann man sie nach rechts oder links abdrängen, indem man mit der flachen Hand gegen ihren Körper drückt. Dabei stellt sich nun für die rechts operirten Thiere ein merkwürdiger Unterschied heraus, je nachdem man die Taube nach ihrer linken oder rechten Seite drängt. Sucht man sie nach links zu schieben, so stemmt sich sogleich das linke Bein kräftig in schräger Richtung dagegen und wenn man diesen Widerstand überwindet, so schiebt man das ganze Thier nach links fort, ohne dass dasselbe dabei seine Beine bewegt. Sucht man dagegen die Taube nach rechts zu schieben, so tritt keine Bewegung des rechten Beines ein, um gegen diese Ver-

---

[1]) Curschmann, H. Ueber das Verhältniss der Halbzirkelcanäle des Ohrlabyrinths zum Körpergleichgewicht. Vorläufige Mittheilung. Deutsche Klinik, Bd. 26, 1874 Nr. 3.

schiebung einen Widerstand zu erzeugen. Der Körper wird daher leicht über dies Bein nach rechts gedrängt und erst wenn die Gefahr des Fallens eintritt, macht das rechte Bein einen schnellen Schritt nach rechts.

Bei diesem Versuche fällt die Bewegung des Beines der operirten Seite, nämlich die Streckung, um gegen die Verschiebung des Körpers Widerstand zu leisten, ganz aus. Da man nun aber noch einwenden könnte, das Thier kämpfe in dem Versuch nur gegen die eine Verschiebung an, weil es die andere Bewegung nicht mehr gut wahrnimmt, so sei auch noch die folgende Beobachtung angeführt, bei der das Thier gar nicht auf eine Bewegung, sondern nur auf eine unbequeme Lage reagirt.

Versuch 25 —— Schiebt man 2 Röhren ein Stück weit in einander, so kann man die Taube so auf dieselben stellen, dass der eine Fuss auf die eine Röhre, der andere Fuss auf die andere zu stehen kommt. Durch Auseinanderziehen der beiden Röhren werden die Beine immer mehr und mehr gespreizt, und wenn auf diese Weise eine unbequeme Stellung entstanden ist, so lässt man die Taube ruhig stehen und beobachtet, welches Bein sie nach einiger Zeit an das andere heranzieht. Es ist stets das Bein der gekreuzten Seite, das angezogen wird, falls nur die Körperlast ungefähr gleichmässig auf beiden Beinen vertheilt war. ——

Schliesslich habe ich noch über einen Unterschied im Verhalten der beiderseitigen Extremitäten zu berichten, der nach dem bisher Mitgetheilten zunächst paradox erscheint, sich aber leicht verstehen lässt, sobald man das Gesetz, nach dem das Labyrinth mit den einzelnen Muskeln des Körpers verbunden ist, erkannt hat (vergl. Kap. IX). Wir finden nämlich eine Anormalität scheinbar allein auf der gekreuzten Seite, während wir bisher doch immer nur von einer Schädigung der operirten Seite gesprochen haben. Aber es handelt sich in den folgenden Ver-

suchen gar nicht darum, welcher von den beiden Flügeln mehr geschädigt ist, ob sich die Flügelöffner und -schliesser rechts oder links weniger normal verhalten, sondern nur um das Verhältniss zwischen diesen beiden Muskulaturen auf ein und derselben Körperseite. Freilich ist der Flügel der gekreuzten Seite weniger durch die oben besprochenen Störungen betroffen als der andere, aber das hindert ja keineswegs, dass bei ihm die geringeren Störungen mehr die Flügelschliesser als die Flügelöffner betreffen, während bei dem Flügel der operirten Seite dies Verhältniss umgekehrt ist. Handelt es sich also wie in den folgenden Versuchen um einen Kampf der Antagonisten, nicht um einen Vergleich zwischen den analogen Muskeln der beiden Körperseiten, so sehen wir auf der einen Seite die Antagonisten derjenigen Muskeln überwiegen, welche auf der andern Körperseite die stärkeren sind.

Versuch 26. — Nach eingetretener Ermüdung hält die an den Füssen aufgehängte, einseitig labyrinthlose Taube die beiden Flügel ruhig, aber in verschiedener Stellung. Der Flügel der operirten Seite ist an den Körper angezogen und völlig geschlossen, der andere hängt ganz geöffnet herab. Die Fig. 13 zeigt diesen Unterschied, der in den meisten Fällen auch zu dieser starken Ausbildung gelangt. Unmittelbar nach der Operation oder auch sehr lange Zeit nach derselben ist der Unterschied aber häufig nur gering und dann giebt es folgende Mittel, um ihn deutlich hervortreten zu lassen.

Sind beide Flügel angezogen, so breitet man sie aus; sind sie beide ausgebreitet, so legt man sie an den Körper und wird in beiden Fällen dann nur auf einer Seite einen Erfolg von dieser Vornahme sehen. Auf der anderen Seite geht der Flügel in die alte Stellung zurück und damit ist die Ungleichheit hergestellt.

Oder man fasst das immer hängende Thier bei den Füssen und dreht es ein wenig nach rechts und links um seine Längs-

achse. Es entfaltet sich dann, falls beide Flügel geschlossen waren, nur der der gekreuzten Seite und bleibt dann so hängen.

Kleine Unterschiede beobachtet man übrigens am besten, wenn man darauf achtet, ob die letzten Flügelfedern symmetrisch zur Medianebene des Körpers liegen.

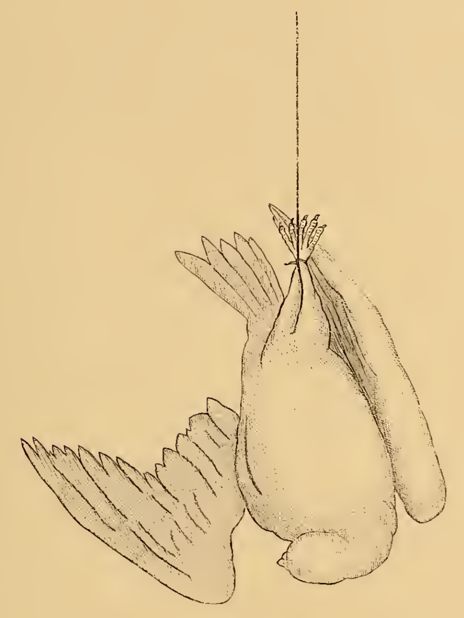


Fig. 13.
(Nach einer Zeitphotographie.)

Die einseitig (rechts) labyrinthlose Taube ist an den Füssen aufgehängt und lässt den linken Flügel geöffnet herabhängen, während der rechte geschlossen an den Körper gelegt ist. Der Kopf ist nach links geneigt und gedreht (Stellung IV). Der Schwanz ist ebenfalls nach links gerichtet.

Die Figur 13 zeigt auch, dass der Schwanz schief und zwar zur gekreuzten Seite hin gehalten wird, eine Stellung, die auf eine stärkere Schädigung der den Schwanz bewegenden Muskeln auf der operirten Seite schliessen lässt und sich daher den Erscheinungen der Versuche 20 und 21 anschliesst.

Da die hängenden Tauben den Kopf mehr weniger zur gekreuzten Seite hin drehen, so brachte ich, um einen möglichen Einfluss der Kopfstellung ausschliessen zu können, bei einigen Thieren den Kopf gewaltsam (durch Festnähen) in die entgegengesetzte Stellung, ohne dadurch an den besprochenen Erscheinungen etwas zu ändern. ———

An den hinteren Extremitäten lässt sich die analoge Beobachtung bei den Tauben nicht anstellen, wohl aber, wie im Kap. IX näher beschrieben wird, an Hunden, Kaninchen und besonders gut an Fröschen, wie ein Blick auf die Figur 52 lehrt.

Kapitel III.

Allgemeine Hilfsmittel für die Operationen.

A. Wahl des Versuchsthieres.

Nicht alle Taubenarten sind in gleicher Weise für die Operationen geeignet. Nicht weil die anatomischen Verhältnisse des Ohrs wesentliche Unterschiede darböten, sondern nur wegen der Unfähigkeit vieler Taubenarten, in der durch den Taubenhalter verlangten Kopfhaltung ruhig und frei athmen zu können. Alle kurzschnäbligen Tauben und alle, die grosse Schuppen über den Nasenlöchern haben, sind zu verwerfen. Sie machen während der Operation forcirte Athemanstrengungen, bewegen bei jeder Athmung daher den ganzen Körper und behalten dauernd die Neigung, Befreiungsversuche zu machen. Nun ist die Länge des Schnabels kein Merkmal, das peristerologisch die Art bestimmte, denn es kommen bei fast allen Taubenarten kurze und lange Schnäbel vor und ich kann daher nur empfehlen, sich unter den gewöhnlichen Feldtauben solche auszuwählen, die gross und kräftig sind und einen langen, geraden Schnabel mit kleinen Nasenschuppen haben. Das Gewicht der Taube (nüchtern) soll etwa 350 gr betragen und ich möchte abrathen, Thiere, die weniger als 300 gr wiegen, zu verwenden. Der Kopf ist dann entsprechend kleiner und man erschwert sich unnöthig die Operation. Für die Bestimmung der Kopfgrösse und der Schnabellänge sind zwei Entfernungen zu messen. Die eine wird durch eine Linie dargestellt, welche von der äussersten Schnabelspitze zu dem am weitesten nach hinten gelegenen Punkte des Hinter-

hauptes geht. Diese Linie heisst Schnabel-Hinterhauptslinie und soll im Mittel 55 Millimeter betragen. Die zweite maassgebende Linie verbindet den Mittelpunkt einer Cornea mit demselben Punkt des Hinterhauptes und heisst Augen-Hinterhauptslinie. Sie hat eine Länge von etwa 28 Millimeter.

B. Das Füttern.

Als geeignetste Nahrung möchte ich die grün getrockneten Erbsen empfehlen. Doch wähle man keine zu grosse Sorte. Auch für die normalen Tauben haben die Erbsen schon eine Grösse, die an der Grenze des überhaupt noch möglichen Umfanges liegt. Sehr grosse Exemplare können daher häufig schon nicht mehr mit dem Schnabel erfasst werden. Nun wird die Fähigkeit, die Erbsen mit dem Schnabel zu ergreifen, noch mehr weniger durch die Operation herabgesetzt, und es ist daher eine kleine Sorte vorzuziehen. Will man die eben erwähnte Fähigkeit der Thiere, die Nahrung mit dem Schnabel zu erfassen, genauer untersuchen, so kann man Erbsen von verschiedener Grösse füttern und beobachten, bei welcher Grösse die Thiere anfangen zu hungern. Zu dem Zweck werden die Erbsen nach bekannter Methode durch Sieben in gleichgrosse Sorten gesondert. Die Löcher des Siebes haben den gewünschten Durchmesser der Erbsen. Beim ersten Sieben bleiben dann die zu grossen Erbsen zurück, beim zweiten Sieben fallen zuerst die zu kleinen hindurch und man verwendet den Rest. Der mittlere Durchmesser einer geeigneten Erbsensorte beträgt 6,5 Millimeter.

Man ist auf dieses Sortiren der Erbsen in grossen Mengen angewiesen, wenn man über die Fähigkeit, mit dem Schnabel die Nahrung zu ergreifen, Untersuchungen anstellen will, weil einzelne grössere Erbsen, die als ausschliessliche Erbsensorte zu gross wären und nicht in genügender Zahl aufgenommen werden könnten, doch hier und da tief genug in den Schnabel gelangen,

um ergriffen und verschluckt zu werden. Hier entscheiden also nur Fütterungsversuche mit grösseren Mengen sortirter Erbsen.

Von mittelgrossen Erbsen braucht eine Taube etwa täglich 120 Stück entsprechend einem Gewicht von etwa 25 Gramm. Dies ist besonders wichtig bei denjenigen Tauben zu wissen, die künstlich gefüttert werden müssen. Das Thier wird in ein Handtuch gewickelt, so dass nur Kopf und Hals daraus hervorsehen. Man setzt sich auf einen Stuhl und hält die eingewickelte Taube zwischen den Oberschenkeln fest. Ihr Kopf, der nach rechts sieht, wird mit der linken Hand ergriffen, der kleine Finger in den Nacken des Thieres gelegt, während Daumen und Zeigefinger den Schnabel von beiden Seiten her festhalten. Mit der rechten Hand öffnet man nun zunächst den Schnabel, indem man die Haut unterhalb desselben nach abwärts zieht, oder mit dem Nagel eines Fingers den Unterkiefer nach unten drückt, Daumen und Zeigefinger der linken Hand gleiten dabei in die Schnabelspalte hinein und hindern die Taube daran, den Schnabel wieder zu schliessen. Man ergreift mit der rechten Hand 2—5 nasse, aber ungequollene Erbsen aus einem tiefen und reichlich gefüllten Gefäss, indem man sie wie eine Prise mit Daumen und Zeigefinger packt und lässt sie in den geöffneten Schnabel hineinfallen. Letzteres wird dadurch erleichtert, dass man den Kopf mit der linken Hand möglichst steil nach oben richtet. Die so eingebrachten Erbsen schluckt die Taube auf ein Mal. Ich empfehle aber nicht den Schnabel dauernd geöffnet zu halten, sondern während des Schluckens die Finger stets aus dem Schnabel zu ziehen (ohne den Kopf dabei frei zu lassen), weil sonst die Thiere nur schwer schlucken können und unruhig werden.

Bei jeder Taube ist also diese Procedur des Schnabelöffnens und Erbseneingebens etwa 25 Mal zu wiederholen, und wenn man 10 Tauben täglich zu füttern hat, so kommt es sehr darauf an, eine möglichst schnell zum Ziele führende und natürlich

dabei doch schonende Methode zu kennen. Aber wer auch nur eine einzige Taube täglich füttert, wird bald die Nützlichkeit der angegebenen Vorschriften erkennen und lieber einmal etwas Mühe auf die Erlernung derselben verwenden, als täglich seine und der Taube Geduld auf die Probe zu stellen.

Andere Methoden der künstlichen Fütterung, wie Stopfen mit Nudeln, Einfüllen von kleinen Körnern mit einem kleinen Löffel und dergl. haben zu keinen guten Resultaten geführt.

Was das Tränken anbelangt, so habe ich wenig Gelegenheit gehabt, darüber ausgedehnte Erfahrungen zu sammeln, da fast alle meine Tauben allein trinken konnten. War es hier und da nöthig, so habe ich einfach aus einer kleinen Schale mit Ausguss etwas Wasser in den geöffneten Schnabel hineingegossen. Man kann auch gequollene Erbsen verfüttern und auf diese Weise den Thieren das nöthige Wasser einführen, aber ich ziehe die erstere Methode vor, weil man die gequollenen Erbsen wegen ihrer Grösse nur viel langsamer füttern kann. Wenn man aber nur immer eine, höchstens zwei Erbsen auf einmal in den Schnabel bringt, braucht man bedeutend mehr Zeit im Ganzen, als wenn man die ungequollenen Erbsen füttert, und nachher gesondert tränkt.

C. Das Scheeren.

Das Entfernen der Federn erfordert eine besondere Sorgfalt. Wie ich schon andernorts[1]) angegeben habe, kann man das Scheeren nicht durch das ja bedeutend schneller und leichter ausführbare Rupfen ersetzen, weil letztere Procedur immer Blutungen und Entzündungen zur Folge hat. Man muss daher jede einzelne Feder abschneiden und verwendet dazu mit Vortheil eine krumme und zugleich spitze Scheere,

---

1) Pflüger, Arch. 1890. Band 47 p. 163.

die nicht zu klein ist (3,5 cm vom Drehpunkt bis zur Spitze). Wer keine Uebung im Scheeren hat, schneidet sehr leicht in die überaus feine Kopfhaut ein, was natürlich schon wegen der Blutung nicht angenehm ist. Ich wickele die Taube in ein Handtuch ein, so dass nur der Kopf heraussieht und scheere dann in zwei Absätzen. Zuerst nehme ich die Scheere mit der convexen Seite zum Kopf hin, schneide also mit dem mittleren Theil der Scheere und entferne zwar die Federn bis auf geringe Stümpfe, bleibe aber dabei immer in einiger Entfernung von der Haut. Die Stümpfe können dann nicht mehr so summarisch entfernt werden. Ich fange dann wieder von vorne an, kehre aber nun die concave Seite der Scheere dem Kopfe zu und nehme jeden Stumpf einzeln mit der Scheerenspitze fort, nachdem ich zuvor die Haut mit einem Schwämmchen nass gemacht habe. Die Hauptsache ist bei allem Scheeren, dass man nie einen Schnitt mache, ohne dass die Haut gut gespannt ist, weswegen die linke Hand die wichtigste Aufgabe dabei auszuführen hat.

Sehr unangenehm ist es, wenn die Taube gerade im Begriff ist, junge Federn zu treiben. Es blutet dann jeder Kiel, den man durchschneidet, und ich habe solche Thiere immer von den Operationen ausgeschlossen und abgewartet, bis die neuen Federn ganz entwickelt waren.

Die Grenzen des für eine doppelseitige Operation zu scheerenden Areals gehen von einem Auge quer über den Scheitel zum andern, dann rings um die äusseren Ohröffnungen herum, so dass diese ganz frei zu Tage liegen und dann nach hinten zum Nacken. Will man nur einseitig operiren, so braucht man auch nur die betreffende Hälfte zu scheeren, überschreitet aber doch überall etwas die Medianlinie, damit der bis hierhin gehende Hautschnitt nicht die Federn erreicht, und weil auch die Orientirung leichter ist, wenn man die freigelegte Medianlinie verfolgen kann.

D. Der Taubenhalter.

Bisher hat man immer die Tauben zum Zweck der Operation in ein Tuch gewickelt, mit der linken Hand den Kopf gehalten und mit der rechten operirt. Diese Methode muss durchaus als unzureichend für jede feinere Operation bezeichnet werden. Eine gute Operation erfordert viel Zeit, auf die Dauer aber erlahmen die Finger der linken Hand, die den Kopf der Taube fixiren sollen, vollständig. Aber auch schon bei Beginn der Operation sind sie gar nicht im Stande, den Kopf so genau festzuhalten, dass man sicher und exakt die zarten Gebilde abtragen oder irgend welche Vornahmen an ihnen ausführen könnte. Es kommt die Schwierigkeit hinzu, welche durch die Verwendung der nicht zu entbehrenden Westien'schen Lupe für das Festhalten des Kopfes in bestimmter Lage entsteht. Bei jeder Bewegung der linken Hand verschwindet die Wunde aus dem Gesichtsfeld und die beständig wechselnden Accommodationsanstrengungen werden bald unerträglich. Indessen liessen sich vielleicht diese Schwierigkeiten noch zur Noth durch Geschick und Ausdauer auch ohne Taubenhalter überwinden, aber ein Vortheil des letzteren ist jedenfalls unersetzlich, nämlich der, dass er auch der linken Hand gestattet, sich an den Operationen zu betheiligen, wodurch viele Manipulationen überhaupt erst möglich werden.

Der Taubenhalter (Fig. 14) besteht aus einem 16 cm langen, 8 cm breiten und 4,5 cm hohen Holzklotz, der auf einer eisernen, kreisrunden Scheibe von 20 cm Durchmesser fest aufgeschraubt ist. Der Klotz ist der Form der Taube entsprechend ausgehöhlt und hat vorn und hinten für den Hals und den Schwanz Ausschnitte. In diese Höhlung wird die Haube mit geschlossenen Flügeln und mit dem Rücken nach oben hineingelegt und darin durch die seitlich angebrachten wollenen[1]) Bänder, die über dem

[1]) Die Bänder sind 25 cm lang. Sie sind befestigt, indem sie am Ende umgelegt sind und dann ein Lederstückchen darüber genagelt ist. Ihr Abstand vom vorderen Ende des Holzklotzes beträgt 5,5 und 11 cm.

Rücken durch Schleifen verknüpft werden, festgehalten. Die Beine der Taube sollen gestreckt nach hinten liegen und niemals nach vorn kommen können. Um dies mit aller Sicherheit zu erreichen, auch um die Excremente leichter beseitigen zu können, lege ich ein zusammengefaltetes kleines Leinentuch wie ein Polster unter die Beine, nachdem ich sie nach hinten gezogen habe und knüpfe dann erst die hinteren Bänder fest.

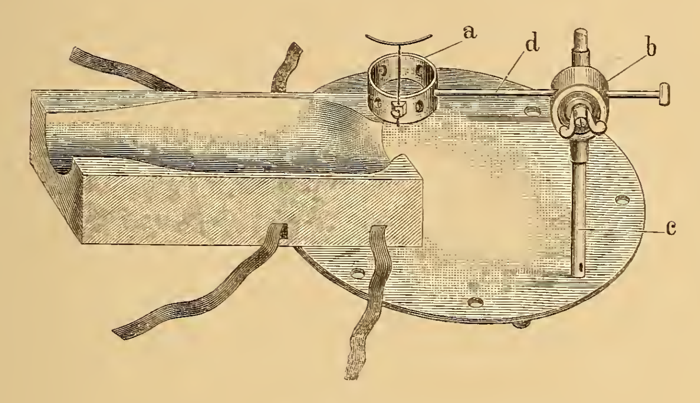


Fig. 14.

Der Taubenhalter. Der Ring a, durch den der Kopf der Taube gesteckt wird, kann durch die Westien'sche Universalklemme b in jeder Lage befestigt werden. Sowohl die Säule c wie auch die Ringstange d lassen sich durch Einschrauben in andere Löcher versetzen.

Zum Zweck der Fixirung des Kopfes wird derselbe durch den Ring a soweit gezogen, dass ein längeres Stück des Halses durch denselben gelangt und dann wieder mit dem Schnabel zurück in den Ring gesteckt (vergl. Fig. 19 Taf. IV). Diese einfache Methode, wodurch der Schnabel gegen den Hals gedrückt wird, ohne denselben wirklich zu berühren, fixirt den Kopf im Ringe ausgezeichnet ohne die Athmung (s. oben p. 52) im Geringsten zu behindern.

Der Kopfring, dessen genauere Beschreibung weiter unten folgt, wird nun in folgender Weise fixirt. In der erwähnten

eisernen Scheibe befinden sich ringsherum im Achteck stehend 7 Löcher, indem die Stelle, wo das achte Loch sich befinden würde, durch den Holzklotz bedeckt ist. In irgend eines dieser Löcher kann die Säule c eingeschraubt werden. Unten hat dieselbe ein Loch, um sie mit einem Anziehstift scharf anziehen und auch leicht wieder entfernen zu können. Mittelst einer Westien'schen Universalklemme b wird die Ringstange d an der Säule c in jeder beliebigen Lage befestigt, aber erst, nachdem man die Ringstange in den bereits am Kopf der Taube befindlichen Kopfring eingeschraubt hat. Zur Erleichterung dieser letzteren Procedur ist die an dem einen Ende der Ringstange vorhandene Schraube etwas konisch und lässt sich daher immer festschrauben und an ihrem andern Ende ist ein kleiner Griff angebracht. Man hält mit der einen Hand den Kopfring (nicht den Kopf der Taube) fest und schraubt mit der andern die Ringstange ein. Nun erst, nachdem Kopfring und Ringstange mit einander fest verbunden sind, wird die letztere durch die Universalklemme an der Säule fest gemacht. Man kann also auf diese Weise den Kopf der Taube in jeder Höhe und Lage fixiren und auch leicht, nur durch Lösen der Klemme oder bei grossen Veränderungen durch Versetzen der Stangen von einer Lage in eine andere übergehen.

Es erübrigt die genauere Beschreibung des Ringes (Fig. 15). Er hat einen inneren Durchmesser von 3 cm, ist 1,5 cm hoch und hat eine Wandstärke von 2,5 mm. An zwei gegenüberliegenden Stellen ist er aufgeschnitten und besteht daher aus zwei Hälften, die man trennen und wieder zusammenfügen kann. Es ist dies durchaus erforderlich, weil man bei vielen Operationen irgendwelche Dinge wie Schläuche, Electroden u. a. m. am Kopf befestigt und dann den Ring nicht mehr über ihn zurückziehen kann. Um ein gutes Aufeinanderpassen und Festhalten der vereinigten Hälften zu erreichen, hat jede Hälfte des Ringes zwei Stellstifte a auf der einen Seite und zwei entspre-

chende Löcher b auf der andern. Kleine Schräubchen, von denen auf der Zeichnung nur eines gezeichnet ist, halten die Stellstifte fest. Ferner sind dort, wo die Ringhälften aneinander stossen, kleine Backen aufgelöthet, in denen jederseits ein T-stück c aus biegsamem Draht befestigt werden kann. Die T-stücke sind nur nöthig, wenn es sich um eine sehr genaue Fixirung des Kopfes handelt. Sie kommen rechts und links zu stehen, laufen also über die Augen der Taube fort, ohne jedoch diese direct zu berühren. Ihre beiden horizontalen Arme werden der Kopfform der Taube entsprechend gebogen und legen sich direct an den Kopf an. Den vertikalen Arm biegt man passender Weise S-förmig zur Mitte des Ringes hin, wie es die Abbildung zeigt. Die geeignetste Biegung den T-stücken zu geben bleibt dem Operateur überlassen. Der Mechaniker liefert sie ungebogen, wie das zweite auf der Abbildung dargestellte. Einmal in eine passende Form gebracht, bleiben sie so unverändert für alle gleichen Operationen und werden — ich gebrauche nur immer eines auf der Seite, wo ich gerade nicht operire — eingesetzt, nachdem der Ring über den Kopf gezogen, aber stets bevor ersterer mit der Ringstange verbunden ist.[1])

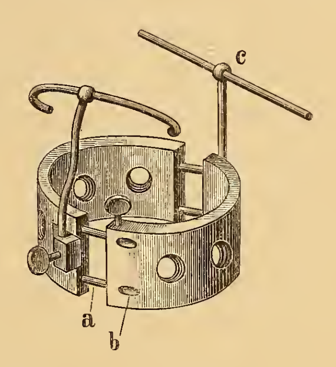


Fig. 15.

Der Ring des Taubenhalters. Die beiden Hälften sind nicht ganz zusammengeschoben, so dass man die Stellstifte a sehen kann, welche in die Löcher b hineinpassen und darin durch kleine Schrauben festgeklemmt werden. Die T-Stücke c werden nach der Kopfform gebogen.

[1]) Der Taubenhalter wird vom Mechaniker Majer Strassburg, Els. Krämergasse geliefert, in neuester Zeit mit einem Ringe, der sich durch ein Scharnier öffnen lässt.

E. Die Westien'sche Lupe.

Man wird nach einigen Decennien in der Geschichte der Physiologie deutlich die Zeit vor und nach der Einführung der Westien'schen Lupe erkennen können. Wer dies für eine Ueberschätzung ihres Werthes hält, der denke nur daran, dass das wichtigste Thier für den Physiologen der Frosch ist, und dass dieser durch die Lupe zur Grösse eines riesenhaften Ochsenfrosches wächst. Ohne Frage wäre es doch von grösster Bedeutung für die Fortentwickelung unserer Wissenschaft, wenn wir — natürlich unter Beibehaltung ihrer Widerstandsfähigkeit — Frösche von so ausserordentlicher Grösse in beliebiger Zahl zur Verfügung hätten. Nun, die Westien'sche Lupe ist durch ihre 10-malige Vergrösserung im Stande, dies zu leisten.

Für die später zu beschreibenden Operationen an dem Labyrinth der Tauben ist die Lupe schlechterdings unentbehrlich. Ich kann das sagen, denn ich habe durch Jahre hindurch versucht, mit anderen Lupen auszukommen.

Die ausserordentlichen Vortheile der Westien'schen Lupe bestehen darin, dass erstens trotz der starken bereits erwähnten Vergrösserung der Focalabstand 8 cm beträgt und das Gesichtsfeld einen Durchmesser von 4 mm hat. Man übersieht also ein genügend grosses Arbeitsfeld und kann mit Zangen und Pincetten oder sonst beliebigen Instrumenten unter der Lupe hantiren. Der grosse Focalabstand hat ferner noch einen nicht hoch genug zu veranschlagenden Vorzug, er ermöglicht nämlich, fast genau in der Richtung der Blicklinie Licht durch Spiegelung auf das Object und namentlich in die Vertiefungen des Objectes zu werfen.

Zweitens sieht man stereoskopisch durch die Lupe. Nicht nur, dass dadurch die körperlichen Formen viel deutlicher erscheinen, die Hauptsache ist vielmehr die dadurch ermöglichte Sicherheit, mit der wir die Instrumente bewegen können. Man operirt eben unter der Lupe genau so, als hätte man es mit

einem 10mal so grossen Object zu thun. Auch ermüdet das Arbeiten durch die Lupe nicht im geringsten die Augen. Man kann stundenlang hintereinander durch die Lupe arbeiten und dabei ganz vergessen, dass man dieselbe benutzt.

Eine ausführliche Beschreibung und eine Abbildung der Westien'schen Lupe befindet sich am unten [1]) angegebenen Orte und ich brauche daher hier nur die Art der Aufstellung zu berücksichtigen, wodurch sie für physiologische Untersuchungen geeignet wird. Die Fig. 16 zeigt meinen Arbeitstisch mit der an ihm befestigten Lupe. Rechts und links sind an die Tischplatte zwei starke 40 cm hohe Stative mit je zwei Schraubzwingen festgeschraubt. Sie tragen eine horizontale eiserne Stange von 1,5 m Länge und 15 mm Dicke bei quadratischem Querschnitt. Diese Stange ist so an den Stativen festgeklemmt, dass eine Kante nach oben sieht. Die Lupe ist aus dem Stativ [2]), welches gewöhnlich mit ihr geliefert wird, herausgezogen und dafür an einer Hülse befestigt, durch die die eiserne Stange gesteckt ist und die daher nach rechts und links auf der Stange gleiten kann. Aber es würde sehr viel Reibung geben und daher für die seitliche Verschiebung der Lupe ein grosser Kraftaufwand erforderlich sein, wenn man die Hülse direct auf der Stange gleiten lassen wollte. Es befinden sich deshalb an jedem Ende der Hülse 4 Walzen, die so lange sind wie die Stange breit ist, und welche die letztere von allen 4 Seiten umgreifen. Sie umgrenzen ein Quadrat, das etwas grösser als der Querschnitt der Stange ist. In Folge hiervon berühren immer nur 2 Walzen auf jeder Seite die Stange und man kann die Hülse ein wenig um die Stange herumdrehen. Da die Lupe nicht vollständig durch das Gegengewicht aequilibrirt wird, dreht sie

[1]) Klin. Monatsblätter f. Augenheilkunde, herausg. von Zehender. XXV. Jahrgang, 1887, p. 496.

[2]) Dies Stativ wie auch die Beleuchtungslinsen sind daher für physiologische Zwecke entbehrlich.

die Hülse nach vorn herum und stellt sie auf diese Weise auf der Stange fest. Es hängt also gewissermaassen die Lupe an der Stange und diese Befestigung genügt, da man beim Arbeiten

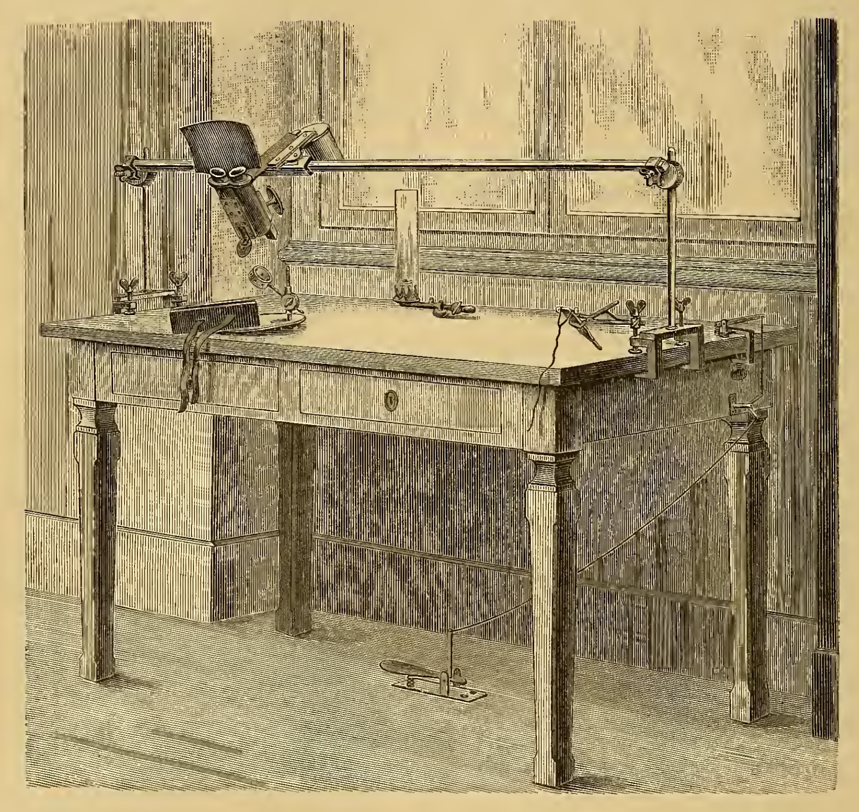


Fig. 16.

Der Arbeitstisch mit der Westien'schen Lupe, an der sich unten der Beleuchtungsspiegel befindet. Unter dem Tisch ist das Pedal des Fusscontactes. Der Galvanokauter wird durch eine Federklemme gehalten, von seinen Leitungsschnüren ist nur ein Stück gezeichnet. Der zur Lampe führende Gasschlauch ist ganz fortgelassen.

durch die Lupe mit der Stirn oder der Nase ja auch nur nach unten drücken kann. Will man nun aber die Lupe seitlich verschieben, so ergreift man sie und hebt sie etwas zugleich mit

der seitlichen Bewegung. Dadurch wird es möglich, dass die Lupe ganz spielend leicht verschiebbar und doch zugleich während ihrer Benutzung ganz fest und bei Druck von Stirn oder Nase völlig unnachgiebig ist. Als bestes Licht für die Operationen hat sich eine Combination von Tageslicht und reflectirtem Gaslicht ergeben. Allenfalls kann man bei hinreichender Übung mit der Gasbeleuchtung durch den Spiegel und einer zweiten Gasflamme, die das Object von oben erleuchtet und das Tageslicht vertritt, auskommen, aber keinesfalls mit dem Tageslicht allein ohne die Gasbeleuchtung. Auf meinem Operationstisch ist eine ganz niedrige Gaslampe — je niedriger die Lampe ist, desto günstiger fällt das Licht in die Wunde — ein für allemal festgeschraubt. Am vorderen unteren Rande der Lampe befindet sich ein Spiegel, der sich mit viel Reibung in einem Kugelgelenk drehen lässt, und vor dem Spiegel ist eine Convexlinse von 6,5 Dioptrien direct auf ihn aufgekittet. Da die Gasflamme 52 cm von dieser Linse entfernt ist, so wird ein kleines ungemein helles Bild der Flamme fast genau in der Blickrichtung in die Wunde geworfen, und man kann in alle Höhlen hineinsehen und in ihrer Tiefe mit aller Sicherheit operiren. Da die Lampe auf dem Tisch festgeschraubt ist, so muss natürlich auch die Lupe immer wieder genau auf denselben Platz gebracht werden, wenn man nicht den Spiegel verstellen will. Dies ist sehr leicht auszuführen. In die Stange, auf der die Lupe gleitet, hat man eine tiefe Marke an der Stelle gefeilt, bis wohin die Hülse geschoben werden muss, damit sich die Lupe am richtigen Ort befindet, und so braucht man nie den einmal eingestellten Spiegel zu bewegen.

Ein Schirm, der oben an der Lupe befestigt ist, schützt die Augen vor den direkten Strahlen der Lampe.

F. Der Galvanokauter.

Will man die häutigen Bogengänge mit Sicherheit intact lassen, so darf man die an den knöchernen Kanälen verlaufenden Blutgefässe nicht mit einem Thermokauter veröden. Davon wird später ausführlich die Rede sein. In allen denjenigen Fällen aber, in denen man die häutigen Kanäle schädigen darf, weil man sie später herausnimmt, ist der Galvanokauter ein sehr zweckmässiges, ja eigentlich unentbehrliches Instrument, um die Blutsinus zu veröden. Nur muss er auch genügend klein sein, d. h. die glühende oder nur heisse Fläche des Miniatur-Galvano-

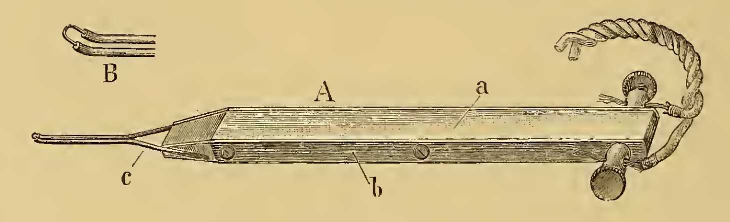


Fig. 17.

Der Galvanokauter, A mit der Unterseite nach oben gekehrt in 2 : 3 der natürlichen Grösse; B das Ende desselben mit dem glühenden Platindraht vergrössert. Das Mittelstück a besteht aus Hartgummi, die Streifen b sind aus Messing, die Drähte c aus Silber.

kauters darf nicht die den Blutgefässen benachbarten Theile mitvernichten und muss daher der Grösse dieser Blutgefässe angepasst sein. Hierin liegt eine gewisse Schwierigkeit. Der heisse Draht muss nämlich nicht nur genügend dünn, sondern vor allen Dingen auch genügend kurz sein.

Das von mir benutzte Instrument hat folgende Construction (Fig. 17). Es besteht aus einem einfachen glatten Hartgummistück, das auf zwei Seiten von einem Messingstreifen bekleidet ist. Zwei kleine Klemmschrauben führen den electrischen Strom in diese Messingstreifen hinein, die an ihrem anderen Ende, wo sich der Hartgummistab etwas zuspitzt, zwei aufgelöthete Silber-

drähte von 1 mm Durchmesser tragen. Es ist rathsam, für diese Drähte Silber zu verwenden, weil dasselbe wegen seines guten Leitungsvermögens möglichst wenig erwärmt wird und sich daher die Wirkung des galvanischen Stromes fast ausschliesslich auf den die beiden Silberdrähte verbindenden kleinen Platindraht beschränkt. Zum Ende hin verjüngen sich die Silberdrähte etwas, was nicht deutlich auf der Zeichnung hervortritt. Ihr Durchmesser beträgt am Ende nur noch 0,5 mm. Die Verbindung mit dem Platindraht ist einfach dadurch hergestellt, dass in die Silberdrähte 1,5 mm tiefe, 0,25 mm im Durchmesser habende Löcher gebohrt sind in welche der Platindraht genau hineinpasst. Die Festigkeit dieser Verbindung wird sowohl dadurch erhöht, dass man das Ende jedes Silberdrahtes mit einer feinen Zange über dem Platindraht zusammendrückt, als auch dadurch, dass die Silberdrähte am äussersten Ende im stumpfen Winkel umgebogen werden. Das letztere geschieht, um bequemer die Blutgefässe berühren zu können. Die Zeichnung zeigt als Sonderbild das Ende des Instruments im vergrösserten Maassstabe. Die Abbildung A zeigt das Instrument in 2 : 3 der natürlichen Grösse aber gewissermassen auf dem Rücken liegend, d. h. man gebraucht es mit nach unten gerichtetem Platindraht.

Die electrische Zuleitung geschieht durch eine lange, sehr flexible Doppelschnur, und da die Widerstände ja ausserordentlich klein sind, so bedarf es nur einer oder zweier Tauchelemente, um den Platindraht zum Glühen zu bringen. Zum Ein- und Ausschalten des Stroms bediene ich mich eines Pedalcontactes, dessen Anordnung die Fig. 16 zeigt, dessen genaue Construction ich aber nicht wiedergebe, da sie nichts Besonderes enthält. Es ist immerhin zu empfehlen, die Contactvorrichtung für das Eintreten des Stroms nicht mit der Hand in Bewegung zu setzen. Ist der Contact an dem Galvanokauter selbst angebracht, so hat dies den Nachtheil, dass man mit dem Contact auch immer das Instrument bewegt, besteht der Contact aber in einem

Schlüssel, der sich auf dem Tisch befindet, so ist nicht immer die linke Hand für ihn frei, und dann kommt es nicht selten vor, dass man gezwungen ist, den Galvanokauter in diese Hand zu nehmen. Man hat für derartige Contacte, welche nicht mit der Hand in Bewegung gesetzt werden sollen, auch einen Beisscontact und einen Kniecontact empfohlen. Ersterer ist wegen des Speichelns unangenehm, letzterer, der wie an den alten Klavieren durch Drücken des Knies gegen die Unterseite des Tisches ausgelöst wird, wird dadurch leicht unbequem, dass man wenig frei in der Wahl seines Platzes und der Haltung auf dem Stuhl ist.

Um den Galvanokauter immer schnell und leicht zur Hand zu haben und um zugleich das Instrument vor Schädigungen zu schützen, befestige ich es in einer federnden Klemme, aus der ich es mit einer Hand herausnehmen kann. Die Klemme ist, wie die Figur 16 zeigt, an dem rechten Stativ der Westienschen Lupe angeschraubt.

G. Andere bei allen Operationen zu verwendende Instrumente.

1. Die Uhrmacherpincette (Fig. 18). Es ist die Pincette ein besonders wichtiges Instrument für die Operationen, da sie nicht



Fig. 18.
Die Uhrmacherpincette zum Abbrechen von Knochentheilen. Verkl. 1 : 1,5.

nur zum Herausholen der mit dem Excavator abgebrochenen Knochenstücke dient, sondern auch selbst zum Abbrechen der Knochen gebraucht wird. Sie muss sehr stark und doch auch sehr spitz sein. Bei der abgebildeten Form lassen sich auch die Branchen nur sehr wenig seitlich von einander drücken, eine Eigenschaft, deren Werth hervortritt, wenn man einen

sehr kleinen Gegenstand mit der äussersten Spitze packen und dann lange Zeit hintereinander festhalten soll. Deshalb benutzen auch die Uhrmacher diese Form. Wenn es aber sehr darauf

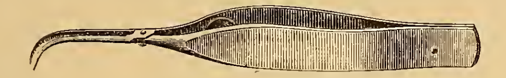


Fig. 19.
Eine Scheerenpincette. Verkl. 1 : 2.

ankommt, dass sich die Branchen nicht seitlich verschieben, so muss man die folgenden Scheerenpincetten benutzen, bei denen auch bei seitlichem Druck der Finger die Spitzen immer übereinander bleiben.

2. Die Scheerenpincette (Fig. 19). Die Abbildung zeigt eine Form derselben mit gebogenen Branchen. Es ist angenehm, für die Operationen auch eine gerade und eine im Winkel abgebogene zu haben. Die Spitzen kann man sehr fein schleifen. Man drückt die federnden Blätter immer fest mit den Fingern zusammen, wobei ein aufgelötheter, in der Figur nur theilweise sichtbarer Ring eine zu starke Annäherung verhindert. Da die Konstruktion eine seitliche Verschiebung der Spitzen unmöglich macht, so kann man die kleinsten Objekte dauernd zwischen den äussersten Spitzen der Pincette festhalten.



Fig. 20.
Die Bogengangscheere, A von vorn, B von der Seite gesehen. Verkl. 1 : 1,5.

3. Die Bogengangscheere (Fig. 20). Sie lässt sich am Ende der federnden Blätter öffnen, was zum gründlichen Reinigen und Schleifen erforderlich ist. Da es aber andererseits unbequem ist, dass der Verschluss leicht von selbst aufgeht, so bindet man ihn mit einem

dünnen Faden zu, den man dann in den seltenen Fällen, in denen das Oeffnen nöthig ist, wieder entfernt.

4. Die Excavatoren (Fig. 21). Die Zahnärzte verwenden diese Instrumente zum Auskratzen der Zähne. Sie sind auch schon

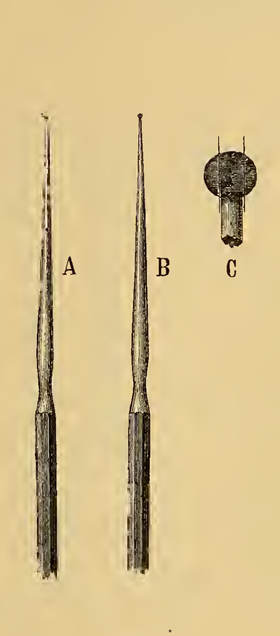


Fig. 21.

Ein Excavator zum Abbrechen und Abschneiden von knöchernen Theilen, A von der Seite, B von vorn gesehen. Verkl. 1 : 1,5. C stellt die Scheide in 10maliger Vergrösserung dar.



Fig. 22.

Der Muskelschaber. Das Instrument ist sehr spitz, aber nur von a bis b scharf. Von b bis c ist die Schneide stumpf, so dass man sie mit dem Zeigefinger umgreifen kann. Verkl. 1 : 1,5.

von Breuer für unsere Operationen empfohlen worden. Die Figur giebt Nr. 112 von der Firma Ash und Sons wieder. Ich verwende ausserdem noch Nr. 111 und schleife mir einige Instrumente so ab, wie es durch die beiden Striche auf der Abbildung bei c angedeutet ist. Die Excavatoren sind für die Operationen

unbedingt nothwendig. Die Zahnärzte wenden ausserordentlich viele verschiedene Formen an, die sich aber für unsere Zwecke entbehren lassen. Zuweilen kann man mit grossem Vortheil den Excavator Nr. 100 gebrauchen, welcher aus einem flachen Meissel, der über die Längskante gebogen ist, besteht.

5. Der Muskelschaber (Fig. 22) sieht aus wie ein Taschenmesser. Er unterscheidet sich aber von diesem in zwei Punkten. Erstens steht die Schneide im Griff fest wie bei einem Scalpell, und zweitens ist sie nur eine kurze Strecke an der Spitze geschliffen. Seine Verwendung wird später (Kap. V) geschildert werden.

6. Das Stichmesser (Fig. 23). Das kleine dreieckige Messer soll möglichst spitz und scharf sein. Um ihm die nöthige



Fig. 23.

Das Stichmesser. Verkl. 1 : 1,3.

Festigkeit zu ertheilen, ist sein Rücken ziemlich stark. Es ist oft zu gebrauchen und dient im Besonderen dazu, die dünne äussere Schädelplatte, welche beim Aufbrechen und Abreissen leicht weiter reisst als man es wünscht und dabei Blutungen veranlassen kann, abzustechen, bevor man anfängt, sie zu entfernen.

7. Die Horizontalzange (Fig. 24). Wenn man in der Tiefe der Wunde ein Stück einer Knochenplatte abtragen will, welche dem Operirenden die Fläche zukehrt, so kann man ihr schlechterdings mit keinem der bisher bekannten Instrumente beikommen. Aber gerade diese Aufgabe ist bei der Eröffnung der Ohrkapsel zum Zweck der Entfernung des ganzen Labyrinths mehrfach gestellt. Ich wurde dadurch veranlasst die Horizontalzange zu construiren, welche mit aller Präcision ein kleines

Stückchen Knochen unter den in Rede stehenden Verhältnissen abbeisst. Ein kleiner flacher Absatz a, der an dem dünnen Ende der Zange hervorsteht, wird unter die Knochenplatte geschoben, und wenn man dann die Zange schliesst, so drückt von oben her ein kleiner Hohlmeissel das über dem Absatz befindliche Knochenstückchen ab. Ich benutze zwei solcher Zangen.

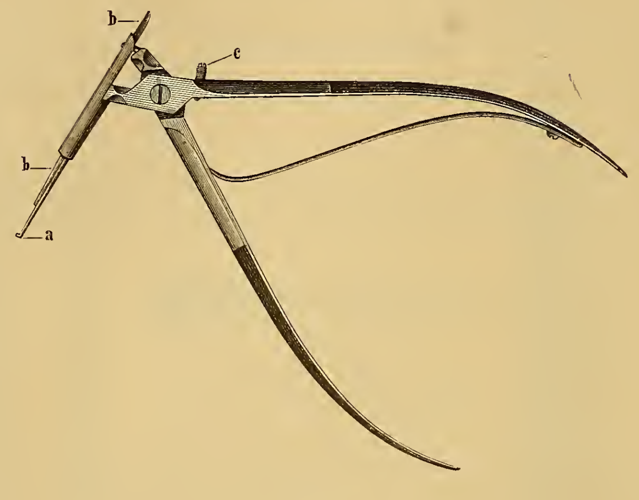


Fig 24.

Eine Horizontalzange. Es wird die unten wie ein Hohlmeissel gestaltete Gleitstange b beim Schluss der Zange bis zur Berührung des Absatzes a herabgedrückt. Die Schraube c verhindert ein noch weiteres Schliessen. Verkl. 1 : 1,5.

Der vorstehende Theil des Absatzes ist bei der einen 0,25 mm lang und 0,3 mm breit, bei der andern 0,4 zu 0,5 mm. Die abgebrochenen Knochenstücke haben dieselbe Grösse.

8. Der Schwammhalter (Fig. 25) dient dazu um ein kleines Stückchen eines gewöhnlichen Schwamms festzuklemmen, mit dem man Flüssigkeiten, die sich angesammelt haben, aufnimmt. Nach jedem Gebrauch wird der Schwamm in Wasser geschwenkt und dann auf einem Handtuche, welches dem

Taubenhalter als Unterlage dient, ausgedrückt. In die Knochenwunde gehe ich gewöhnlich mit dem Schwamm nicht ein. Sollen aus dieser Blut oder Bogenflüssigkeit entfernt werden,



Fig. 25.

Der Schwammhalter. Verkl. 1 : 1,5.

so benutze man Fliesspapier-Stückchen, die man in 2 Grössen vorräthig hat. Die einen sind Quadrate von etwa 1—2 mm Seite, die andern Streifen von etwa 5 mm Länge und 2 mm Breite.

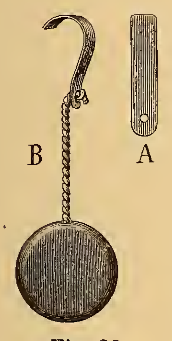


Fig. 26.

Ein Wundhaken. B in Verbindung mit dem Bleigewicht; A der neusilberne Haken noch ungebogen. Verkl. 1 : 1,5.

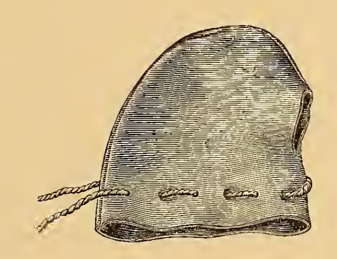


Fig. 27.

Die Dunkelkappe aus Handschuhleder. Sie ist in der halben natürlichen Grösse abgebildet, damit man sie leicht als Muster benutzen kann.

9. Die Wundhaken (Fig. 26). Man braucht eine ganze Anzahl solcher neusilberner Haken, die man je nach Bedürfniss mehr oder weniger biegt. Sie dienen dazu Muskel und Haut von der Wunde abzuziehen. Die an den Haken befestigten Bleigewichte wirken natürlich nur, wenn sie auf der einen oder andern Seite des Halses herabhängen und ziehen daher die

Haken nach der entsprechenden Seite hin. Soll nun aber der Haken nach keiner Seite hin, sondern in mittlerer Richtung gezogen werden, so hängt man in das Loch des Hakens noch ein zweites Gewicht, an dessen Faden ein kleines Häkchen befestigt ist, und lässt dann ein Gewicht nach rechts das andere nach links herabhängen.

10. Die Dunkelkappe (Fig. 27). Wegen ihrer Wichtigkeit für so viele Versuche und weil es auf eine geeignete Form ankommt, ist die Kappe hier unter den Instrumenten aufgenommen worden. Sie muss aus weichem Handschuhleder verfertigt sein. Wenn man sie nur lose um den Hals bindet, so gewöhnen sich die Tauben sehr bald an dieselbe und unterlassen dann die Versuche, sie zu entfernen.

Kapitel IV.

Anatomische Bemerkungen für die Operationen an der Taube.

Es kann sich hier nicht darum handeln, eine irgendwie erschöpfende Darstellung unserer Kenntnisse von der Ohranatomie der Taube zu geben, sondern es sollen die folgenden Zeilen und Abbildungen nur einige Fingerzeige für den Physiologen sein zum Zweck der leichteren Orientirung bei den Operationen. In Folge davon werden wir auch das Mikroskopische nur so weit berücksichtigen als es schon jetzt für eine Erklärung der Labyrinthfunctionen von Bedeutung ist.

Der Nervus octavus verlässt die Gehirnsubstanz an der Grenze zwischen dem Kleinhirn und der Medulla oblongata etwas oberhalb der Reihe, die die übrigen Gehirnnerven bilden (Taf. I, Fig. 1). Er ist dabei völlig vom Facialis gesondert und dringt auch ohne Gemeinschaft mit diesem durch 5 Löcher in die Ohrkapsel ein.

Das knöcherne Labyrinth der Taube.

Wenn man einen macerirten Taubenschädel durchschneidet, so sieht man, wie überall die knöchernen Wandungen aus zwei Knochenplatten zusammengesetzt sind, zwischen denen kleine Knochenplättchen und Stäbchen ein maschiges, lufterfülltes Gewebe herstellen. Mehr weniger verlaufen diese beiden Knochenplatten, die man als innere und äussere Knochentafel bezeichnen kann, parallel miteinander und haben nur einen Abstand von selten mehr als 1 mm, aber hinter der äusseren

Ohröffnung und zugleich zwischen den beiden Schädelgruben, von denen die hintere von dem Kleinhirn und der Medulla, die vordere von dem Lobus opticus eingenommen wird, reichen die beiden Knochentafeln weit auseinander und lassen die Ohrhöhle (cavum acusticum) zwischen sich. Angefüllt wird diese Ohrhöhle durch die knöcherne Ohrkapsel und das schon besprochene maschige Knochengewebe, welches hier nicht nur die beiden Tafeln mit einander verbindet, sondern auch überall mit der Ohrkapsel verwächst, so dass letztere in diesem zarten Knochengewebe gewissermassen versenkt ist. Die beiden Knochentafeln, die die Ohrhöhle bilden, nennen wir ihre innere und ihre äussere Wand, und es ist nun zu bemerken, dass die Ohrkapsel nirgends direkt an die äussere Wand stösst, man kann letztere also entfernen ohne die Kapsel zu berühren. Dagegen sind einzelne Theile der Kapsel, wie der Canal. ant., die Cochlea u. a. in die innere Wand der Ohrhöhle eingelassen und bilden Bestandtheile von ihr. Nimmt man die Ohrkapsel fort so entstehen dadurch Oeffnungen, welche von der Schädelhöhle in die Ohrhöhle führen.

Es gelingt leicht mit einem Excavator die Ohrkapsel völlig frei zu präpariren und man erhält dann ein Präparat wie es das Stereoskopbild und die Fig. 2 der Taf. III darstellen. Präparirt man nur die Bogengänge frei, so kann man die beiden Ohrkapseln im Schädel lassen und die gegenseitige Lage der beiderseitigen Bögen zu einander, wie auch die Topographie jeder einzelnen Kapsel im Schädel studiren. In der Fig. 3 Taf. I ist nur die rechte Ohrkapsel auf diese Weise freigelegt.

Wir unterscheiden am Taubenkopf die horizontalen, die frontalen und die sagittalen Ebenen, welche beziehungsweise zur Scheitelachse, Schnabelachse und Augenachse lothrecht liegen. In einer Horizontalebene liegt senkrecht zur Augenachse die Schnabelachse a (Fig. 1 und 3, Taf. I), welche durch die Schnabelspalte läuft, aber wegen der Krümmung des Schnabels

nicht ganz an der Spitze desselben mündet, sondern durch den Oberschnabel hindurchgeht. Hinten durchbohrt die Schnabelachse den Schädel genau an der Stelle, wo die Grube für das Kleinhirn beginnt, und das Gehirn wird daher durch sie an der Grenze zwischen kleinem und grossem Gehirn getroffen. In einer frontalen Ebene liegt senkrecht zur Scheitelachse die Augenachse c, welche beide Cornealmittelpunkte mit einander verbindet, Sie schneidet die Schnabelachse in einem Punkt, durch den ausserdem noch die Scheitelachse b hindurchgeht, welche also in einer Sagittalebene senkrecht zur Schnabelachse liegt. Dieselbe ist auch dadurch bemerkenswerth, dass sie das vorderste Ende des Grosshirns tangirt (Fig. 1, Taf. I).

An der völlig frei präparirten und aus dem Schädel entfernten Ohrkapsel (Fig. 2, Taf. III) unterscheidet man leicht einen mittleren unregelmässig gestalteten Körper, dem einerseits die 3 Bogengänge aufsitzen und der andererseits in die langgestreckte kolbenförmige Schnecke übergeht. Der Beginn der Schnecke wird durch eine eigenthümliche, durch das runde Fenster nach aussen verschlossene Ausbuchtung[1]) erweitert, welche ich den „Erker" nenne.

Man hat die einzelnen Bogengänge mit verschiedenen Namen bezeichnet. Glücklicherweise wird aber von Anatomen und Physiologen immer mehr und mehr derjenigen Bezeichnungsweise der Vorzug gegeben, welche sowohl vergleichend anatomisch wie auch in Bezug auf die wirkliche Lage der Kanäle bei den Säugern und Vögeln einzig als rationel bezeichnet werden kann. Dieselbe wird ausschliesslich in den folgenden Beschreibungen zur Anwendung kommen. Danach haben wir jederseits einen

Canalis externus,
Canalis anterior und
Canalis posterior.

---

[1]) Recessus scalae tympani.

Der Canal. extern. ist häufig horizontaler Kanal genannt worden, und im Gegensatz dazu die beiden andern die Vertikalen. Um die letzteren dann von einander zu unterscheiden, wird der Canal. ant. als sagittaler oder auch oberer vertikaler Kanal, der

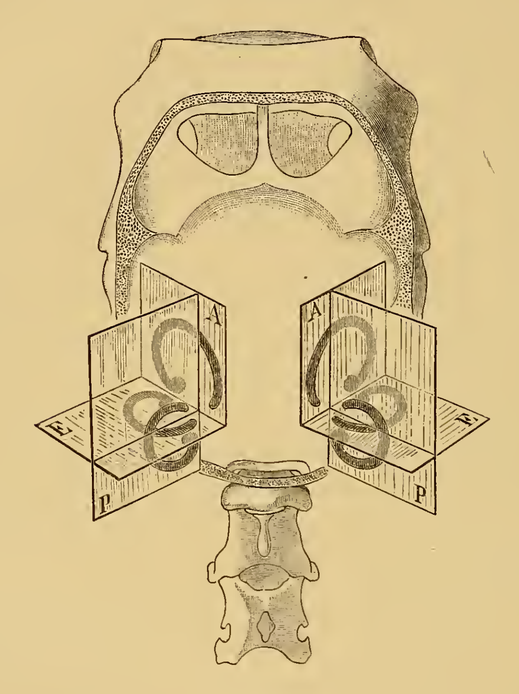


Fig. 28.

Schema der Bogengänge. Man sieht von hinten in den geöffneten Schädel hinein. In der Ebene A liegt der Canal. ant., in der Ebene E der Canal. extern., in der Ebene P der Canal. post. Die Amp. ant. und die Amp. extern. liegen dicht bei einander. Die Amp. post. liegt davon abgesondert.

Canal. post. als frontaler oder als unterer vertikaler Kanal bezeichnet. Wie ein Blick auf die Fig. 28 zeigt, ist besonders die Benennung sagittaler und frontaler Kanal eine sehr unzweckmässige, da die Ebenen der betreffenden Kanäle Winkel von ungefähr 45° mit der Frontal- oder Sagittalebene bilden und daher die Namen

fast mit gleicher Berechtigung auf beide Kanäle angewandt werden könnten.

Jeder Bogen besteht aus 3 etwa gleichlangen Stücken 1. dem Ampullenende, 2. dem Mittelstück, 3. dem glatten Ende. Die Mitte des Mittelstückes heisst die Mitte des Bogens. Jeder Bogen hat ferner 4 Ränder (Fig. 29), 1. den convexen (der grösste Kreis, den man auf dem Bogen als Ring betrachtet ziehen kann), 2. ihm diametral gegenüber den concaven und 3. und 4. die beiden Seitenränder, welche beim Canal. extern. ein oberer und unterer, bei den beiden andern Kanälen vordere und hintere sind.

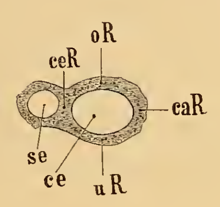


Fig. 29.

Querschliff durch den Canalis externus ce und den am convexen Rand ceR anliegenden Sinus externus se. Der concave Rand ist mit caR, der obere u. der untere mit oR u. uR. bezeichnet. Vergr. 15 : 1.

Die Ampullen stellen seitlich flachgedrückte Kuppeln dar. Die „Ebene der Ampulle" geht mitten durch dieselbe hindurch und ist den flachen Seitenwänden parallel.

Von einer Ebene der Bögen kann man eigentlich nicht sprechen, da sie alle drei mehr weniger Raumcurven darstellen und nicht in Ebenen liegen. Besonders ist dies bei dem Canal. ant. der Fall, und man sieht auch bei diesem besonders deutlich, dass man nicht etwa eine mittlere Ebene als Kanalebene supponiren darf, sondern dass es das Mittelstück ist, welches in der für die physiologische Bedeutung der Kanäle massgebenden Ebene liegt. Ich bezeichne daher als Kanalebene die Ebene des Mittelstücks. Die Fig. 2, Taf. III zeigt wie beim Canal. ant. das Ampullenende beinahe einen rechten Winkel mit dem Mittelstück macht (bei ca) und ungefähr in der Mitte des glatten Endes erfährt die Ebene, in der bis dahin der Bogen verlief, eine ähnliche Biegung. Die Bezeichnung der Autoren, dass der Canal. ant. „S-förmig" verlaufe, ist daher wenig zutreffend. Man muss vielmehr sagen,

der Kanal liege in 2 Ebenen, die einen stumpfen Winkel von etwa 120° miteinander bilden; in der einen Ebene liegt das Ampullenende und die letzte Hälfte des glatten Endes, in der anderen Ebene liegt das Mittelstück und die erste Hälfte des glatten Endes. Es ist also, als wäre der Anfang und das Ende des Bogengangs aus irgend welchen Gründen in einer für die Function desselben ungünstigen Ebene befestigt worden und als hätte man dann seinen mittleren Theil in die richtige Ebene hineingebogen. Diese Beschreibung passt natürlich auch nicht mit mathematischer Strenge auf die Form dieses Bogens, scheint mir aber das Eigenthümliche seiner Gestalt sehr gut zu bezeichnen, und man sieht daraus, dass man sehr wohl von einer besonderen Ebene der Mittelstücke der Kanäle sprechen kann.

Was nun die gegenseitige Lage der Kanalebenen (also der Ebenen der Mittelstücke) betrifft, so liegen die beiden Canal. externi nicht nur in parallelen Ebenen, sondern auch fast genau in derselben. Dieselbe bildet mit der Horizontalebene einen kleinen Winkel von 20° indem sie sich nach vorn über die letztere erhebt. Da nun aber bei der Normalstellung des Kopfes die Horizontalebene (ihre Lage ist durch die Schnabelachse, die in ihr liegt genau gegeben) nicht horizontal liegt, sondern sich nach vorn neigt, indem der Schnabel etwas nach unten gerichtet ist, so kommt die Kanalebene der Canal. externi in Wirklichkeit sehr genau horizontal zu liegen, wenn sich der Kopf in Normalstellung befindet. Es wäre von Interesse zu wissen, wie weit diese horizontale Lage der Canal. externi während der Normalstellung des Kopfes bei den verschiedenen Thieren eingehalten ist, namentlich bei denjenigen, welche eine von der gewöhnlichen sehr abweichende Normalstellung des Kopfes haben, also z. B. beim Pferde, bei dem, wenn es ruhig steht, die Längsachse des Kopfes beinahe vertikal gerichtet ist.

Die Kanalebene eines Canal. post. und des Canal. ant. der anderen Seite sind ebenfalls fast genau parallel, aber sie liegen

nicht in derselben Ebene, sondern ihre beiden Ebenen haben einen Abstand von etwa 7 mm bei einer mittelgrossen Taube.

Diejenige Ebene, welche man sich zwischen einer Anterior-Ebene und der anderseitigen Posterior-Ebene, mit beiden parallel und von beiden in gleichem Abstande verlaufend, denken kann, heisst die linke oder rechte Anterior-Posterior-Ebene, je nachdem der linke oder rechte Canalis anterior dabei in Frage kommt. Da nun sowohl die beiden Anterior-Ebenen wie auch die beiden Posterior-Ebenen mit der Medianebene ungefähr einen Winkel von 45° bilden, so sind die beiden Anterior-Posterior-Ebenen, Diagonalebenen.

Die Genauigkeit, mit welcher die bisher besprochenen Beziehungen der Kanalebenen zu den Kopfebenen und den Kanalebenen der anderen Körperseite eingehalten sind, ist durchaus bemerkenswerth, aber noch bedeutend grösser ist die Uebereinstimmung mit der mathematischen Gestalt bei der Orientirung der Kanäle nur einer Körperseite zu einander. Sie stehen alle drei zu einander rechtwinklig.

Auf diese Eigenthümlichkeit muss bei einer physiologischen Erklärung der Schwerpunkt gelegt werden, und man darf dabei nicht vergessen, dass sich die Ampullenebenen ganz anders verhalten, und dass namentlich der Winkel, den die Ebene der Amp. ant. mit der der Amp. extern. bildet, sehr bedeutend von einem rechten abweicht, indem er nur etwa 30° beträgt.

Der Canal. extern. kreuzt sich sowohl mit dem Canal. post. wie auch mit dem Canal. ant. Auf diese Weise entstehen das grosse und das kleine Kreuz, die beide die Eigenthümlichkeit zeigen, dass die Kanäle nicht einfach aneinander gelagert, sondern in einander eingelassen sind (Fig. 4, Taf. I). Indem sich die Kanäle durchdringen, entsteht ein weites Kommunikationsloch, wie aus der Fig. 5, Taf. I, welche das grosse Kreuz darstellt, zu ersehen ist. Das kleine Kreuz zeigt genau die

gleichen Verhältnisse wie das grosse, nur ist das Kommunikationsloch hier etwas kleiner.

Sieht man von aussen auf das grosse Kreuz, so theilt dasselbe die Ohrhöhle in 4 Quadranten, die in natürlicher Weise der obere hintere, der obere vordere, der untere vordere und der untere hintere Quadrant genannt werden. Man kann sie auch in derselben Reihenfolge als Quadrant I, II, III und IV bezeichnen, wie dies in Fig. 31 geschehen ist.

Beim grossen Kreuz liegt der Canal. post. aussen, der Canal. extern. innen, es läuft also gewissermassen der erstere über den letzteren fort, und wenn man daher beim Operiren auf das Kreuz von aussen heraufsieht, so erscheint der Posterior oben, der Externus unten. Beim kleinen Kreuz befindet sich dagegen bei der Normalstellung des Kopfes der Canal. ant. oben und der Canal. ext. unten. Die beiden Kreuzebenen stehen also aufeinander senkrecht. Beim grossen Kreuz verschmelzen die beiden Bögen etwa mit ihren Mitten, beim kleinen Kreuz mit Stellen ihrer glatten Enden.

Das glatte Ende des Externus mündet dicht neben der Amp. post. in den Utriculus ein oder wie man auch sagen kann in den Anfangstheil des Sinus superior. Dieser bleibt eine kleine Strecke lang ungetheilt und gabelt sich dann erst, indem er die glatten Enden von den vertikalen Kanälen aufnimmt. In Bezug auf die Einmündung der letztgenannten Kanäle in den Sinus sup. ist ein kleiner Unterschied im Verhalten der knöchernen und der häutigen Kanälc zu bemerken. Die häutigen Kanäle gehen nämlich, wic es Fig. 17 Taf. IV zeigt, in einem Bogen ineinander über, und es ist dann gewissermassen ein wandständig angebrachtes Verbindungsrohr, der Sinus sup., vorhanden, welches die verbundenen Kanäle mit dem Utriculus verbindet. Bci den knöchernen Kanälen laufen aber beide glatte Enden unter einem spitzen, allerdings beinahe rechten Winkel zusammen, dcssen Scheitel dcn knöchernen Sinus sup. aufnimmt.

Der Canal. ant. ist der längste, dann folgt der Canal. ext. und am kürzesten ist der Canal. posterior. Der Durchmesser des Lumens und auch die Wandstärke ist bei allen ungefähr gleich gross. Auf dem Querschnitt sind die Bögen fast kreisrund, doch sieht man meist ovale Querschnitte (vgl. Fig. 29), weil es schwer ist, den Schnitt ganz lothrecht zur Achse zu führen. Eine kleine Einziehung, die sämmtliche Kanäle (auch die häutigen) dicht vor der Erweiterung zur Ampulle zeigen, hat wohl keine physiologische Bedeutung.

Wir kommen nun bei unserer Beschreibung der knöchernen Ohrkapsel zu dem unteren Theil. Er besteht aus einer langen wurstförmigen, nur schwach gekrümmten, am Ende ein wenig erweiterten und dann blindsackförmig geschlossenen Röhre, der knöchernen Schnecke. Im Anfangstheil hat sie ein ovales 2,0 mm langes und 1,0 mm breites Loch, die Fenestra ovalis, welche durch die Endplatte der Columella, das sogenannte Operculum, verschlossen wird. Die kleine ringförmige Membran, welche das Operculum mit dem Rande der Fenestra ovalis verbindet, ist sehr dünn und leicht zu zerreissen, so dass man ohne irgendwelche Mühe die ganze Columella aus dem Fenster herausziehen kann. Der hintere lange Rand der Fenestra ovalis wird durch ein Knochenstäbchen gebildet, welches Decke und Boden des Erkers verbindet. Letzterer hat eine Höhe, die der Länge des ovalen Fensters entspricht, und da seine eine Wand, nämlich die Fenestra rotunda mit der Membrana tympani secundaria ebenfalls durch das Stäbchen begrenzt wird, so steht also dies zwischen den beiden Fenstern, welche es von einander trennt und bildet die Kante der beiden Fensterflächen.

Ueber die Oeffnungen und Löcher, welche die knöcherne Ohrkapsel durchbohren ist nicht viel zu sagen. Das ovale und das runde Fenster sind schon eben erwähnt worden. Sie sind beide von ovaler Form und etwa gleich gross, nur ist das runde Fenster etwas unregelmässiger gestaltet. Der stumpfe Winkel,

den ihre beiden Flächen miteinander bilden, ist fast ein rechter. Das ovale Fenster liegt mehr nach vorn. Seine Ebene ist ungefähr der des Canal. post. parallel.

Betrachtet man die Ohrkapsel von der Schädelhöhle aus, so gewahrt man zunächst 5 Löcher, durch welche Aeste des Octavus ins Innere der Kapsel dringen. Das grösste dieser Löcher befindet sich am oberen Theil der Schnecke und stellt einen schräg nach unten die Knochenwand durchbohrenden Kanal dar. (Fig. 6 u. 7 Taf. II (a).) Es geht der Ramulus cochlearis hindurch. Etwas oberhalb dieser Oeffnung liegen in einem nach oben concaven Bogen die 4 anderen Oeffnungen b, c, d und e. Die kleinste von ihnen findet man gerade über dem Foramen raml. cochlear. als Foram. raml. sacculi (b). Nach vorn von diesem Loch liegen 2 Oeffnungen ganz dicht nebeneinander. Das vorderste und zugleich etwas höher gelegene ist das Foram. raml. amp. anter. (e) und das andere das Foram. raml. amp. extern. (d). Nach hinten von dem Foram. raml. sacculi (b) ist dann noch das Foram. raml. amp. post. (c). So dass wir also von vorn nach hinten der Reihe nach haben

Foramen raml. amp. ant.
Foramen raml. amp. ext.
Foramen raml. sacculi
Foramen raml. amp. post. und unter dieser Reihe das grösste Loch als
Foramen raml. cochlear.

Die 4 oberen Löcher liegen unter einer vorspringenden Knochenleiste, welche schräg nach hinten oben hinauf zieht und am Sinus superior, etwas oberhalb der Stelle, wo er das glatte Ende des Canal. ext. aufnimmt, mit einer Öffnung endigt. Es ist dies die Endöffnung des Aquaeductus vestibuli (f). An der frei präparirten knöchernen Ohrkapsel (wenn man das Präparat der Fig. 2, Taf. III von hinten betrachten würde) findet man ferner an derjenigen Wand des Erkers, welche der Fenestra rotunda gegen-

über liegt, nicht weit von der der Achse der Cochlea parallelen Grenze zwischen Cochlea und Erker und nicht weit vom Boden des letzteren entfernt eine sehr kleine Öffnung, durch welche man meist nur ein ganz feines Haar durchführen kann. Dies ist eine Öffnung des Aquaeductus cochleae, nämlich ein Querschnitt desselben an der Stelle, wo er aus der Ohrkapsel in die anliegende Knochenmasse des Felsenbeins übergeht.

Mit Ausnahme der zuletzt erwähnten Oeffnung liegen sämmtliche andern also alle 5 Oeffnungen für die Zweige des Octavus und das Loch des Aquaeductus vestibuli, an Stellen der knöchernen Ohrkapsel, welche frei in der Schädelhöhle liegen und dieselben bilden helfen. Man sieht sie daher auch, wie dies die Fig. 6 und 7 Taf. II zeigt, in die einfach eröffnete Schädelhöhle münden, ohne dass die Ohrkapsel frei präparirt ist. Nur die oben besprochene Oeffnung, des Aquaeductus cochleae kann man dann nicht sehen, vielmehr bemerkt man die Ausmündung dieses Kanals in der Schädelhöhle als kleine Oeffnung (g) dicht unter dem Foramen jugulare (k). Um nun von diesen 7 Kanälen die im Innern der Ohrkapsel gelegenen Oeffnungen zu sehen, bricht man die äusseren Wände derselben fort, wobei wie dies Fig. 16 Taf. IV zeigt die Ohrkapsel nicht frei präparirt zu sein braucht. Wir finden in der Abbildung leicht die Gegenöffnungen der oben besprochenen Löcher, auch sind sie mit denselben Buchstaben bezeichnet. Der Aquaeductus vestibuli geht vom Beginn des Sinus sup. aus, der Aquaeductus cochleae vom Boden des Erkers ein wenig nach hinten vom Fusspunkt des Stäbchens.

Lässt man die Ohrkapsel in Verbindung mit den übrigen Knochen und betrachtet man einfach die Schädelhöhle des in der Medianlinie mit einer breiten Laubsäge durchsägten Schädels (Fig. 6 und 7 Taf. II), so ist noch eine letzte Oeffnung beachtenswerth, nämlich die mehr nach vorn und unten von den Löchern für die Vestibularnerven gelegene innere Oeffnung des Fal-

lopischen Kanals (h). Die Fig. 8 Taf. III zeigt den Verlauf dieses Kanals soweit er für uns von Interesse ist[1]). Es ist (a) die innere, die Schädelhöhle bildende, Wand der Ohrhöhle, welche von aussen her freigelegt ist, und man sieht aus ihr bei (h) den Fallopischen Kanal heraustreten, dessen Oeffnung man natürlich wegen der Undurchsichtigkeit des Knochens nicht sehen kann. Nachdem der Kanal einen Seitenast (b) aufgenommen, geht er in den bedeutend weiteren Kanal (c) über, in den auch der Sinus externus einmündet.

Man bemerkt dann weiter von der Schädelhöhle aus, dass sich in der dünnen Knochenplatte, welche in der Ebene des Canal. ant. und rings von diesem umschlossen die Ohrhöhle gegen die Schädelhöhle abschliesst, eine Spalte befindet (Fig. 7 Taf. II und Fig. 16 Taf. IV (l)), die an ihren beiden Enden durch rundliche Löcher begrenzt wird. Die Spalte führt in einen schmalen Raum, den man als Cavum mesooticum bezeichnet hat und von dem man fälschlicher Weise annahm, er enthalte ein Stück des Kleinhirns. In Wirklichkeit geht aber nur eine Duplicatur der Dura hinein, welche sich zwischen den beiden Venen ausbreitet, die durch die Löcher an den Enden der Spalte gehen. Indem nun die beiden Venen zum Sinus posterior zusammenlaufen, wird der Spaltraum immer schmaler und geht bald in den runden Kanal für den genannten Sinus über. Der Spaltraum hat seine eigenen knöchernen Wände, und es bleibt sogar zwischen ihm und dem glatten Ende des Canal. posterior ein schmaler Luftraum bestehen, der erst dadurch verschwindet, dass sich der Sinus posterior an den Kanal anlegt. Man kann aber das glatte Ende des Canalis post. sehr wohl aufbrechen ohne dadurch das Cavum mesooticum und damit die Schädelhöhle zu eröffnen.

---

1) Der Fallopische Kanal wird bei den in diesem Buch beschriebenen Operationen nie eröffnet. Man kann ihn aber in der Gegend, wo er um das Foramen communicans herumläuft, sehr leicht öffnen und den Nervus facialis durchschneiden.

Der um den Canalis ant. herumgehende Sinus ant. liegt in einer Rinne, welche zur Schädelhöhle hin offen ist. Es scheint diese Rinne an einer Stelle (Fig. 6 Taf. II bei k) zur Röhre geschlossen zu sein, aber es schiebt sich nur von oben her der Knochen weit über die Rinne hinüber, lässt jedoch einen sehr dünnen Spalt, um die Dura hindurchtreten zu lassen.

Soviel über die Topographie der Ohrkapsel bei der Betrachtung von der Schädelhöhle aus. Dringen wir nun von aussen her zu ihr vor. In der Fig. 9 Taf. II erblickt man einen Taubenkopf, von dem die die Ohrhöhle bedeckenden und die den äusseren Gehörgang begrenzenden Muskeln entfernt sind. Es ist ferner ein grosses Loch in die äussere Wand der Ohrhöhle gebrochen, in die man in Folge dessen hineinsehen kann. Es wurde aber absichtlich noch ein kleiner Rand dieser äusseren Wand unten stehen gelassen, damit man sehen kann, wie sich vom Boden der Ohrhöhle aus diese Wand erhebt. Durch die Bresche hindurch sieht man das grosse Kreuz und im Hintergrunde den Canal. ant. mit seinem Sinus. Deutlich erscheint, wie der Sinus extern. von seinem Kanal auf den Boden der Ohrhöhle gelangt und auf diesem das Foramen communicans nach aussen begrenzt. Man erkennt ferner, wie unter dem Boden der Ohrhöhle die Columella nach aussen verläuft. Freilich ist letztere in natura wohl nicht ganz so lang, wie nach der Abbildung zu schliessen wäre. Die Fig. 10 Taf. II zeigt alle Sinus zugleich.

Die Columella hat die Gestalt der Fig. 11 Taf. III. Reisst man sie aus dem Trommelfell heraus, so bleibt ein kleiner Knorpel an ihr hängen, der die Verbindung mit demselben herstellt. Er ist auch in der Abbildung zu sehen, so wie man ihn eben sieht, wenn man die Columella bei der Operation aus dem Trommelfell herausgerissen hat. Es ist das aber nur ein Fetzen des Knorpels. In Wirklichkeit besteht er aus zwei Schenkeln, die sich an die Membran anheften und merkwürdiger Weise bleibt dabei die Columella selbst ohne Verbindung mit dem

Trommelfell. Man kann mit einer feinen Nadel zwischen Columella und der Membran einerseits und zwischen den beiden Schenkeln des Knorpels andererseits hindurch gehen.

Die äussere Ohröffnung mit dem Anfang des Unterschnabels ist ganz genau in Fig. 12, Taf. III wiedergegeben. Die ganze dort sichtbare grosse Oeffnung ist durch das Trommelfell nach aussen abgeschlossen. Ist dies entfernt, wie es die Figur darstellt, so sieht man 3 Löcher, ein oberes und ein unteres und ein kleineres, hinten und unten gelegenes. Durch dieses letztere, das ich das Vorfenster[1]) nennen will, geht die Columella frei hindurch. Das Operculum ist in der Tiefe durch das Loch hindurch nicht zu erkennen. Der Stiel der Columella ist quer durchschnitten. Man gelangt durch das Vorfenster hindurch in einen Raum, der etwa würfelförmige Gestalt hat und das Antevestibulum genannt worden ist. Hält man den Kopf der Taube so (wie es auch in dem Schema Fig. 30 angenommen wurde), dass der Stil der Columella horizontal und gerade zum Beschauer hin gerichtet ist, so befindet sich in der Decke des Antevestibulums das Foramen communicans, welches also die Ohrhöhle mit dem Antevestibulum und durch das Vorfenster mit der Paukenhöhle verbindet. Von oben durch das Foramen communicans hindurch sehend, erblickt man daher den Stil der Columella. Die hintere Wand des Antevestibulums bildet die Membr. tymp. secund., die innere das Operculum, die äussere, wie schon erwähnt, das Vorfenster.

Da es auf diese Verhältnisse bei den Operationen sehr ankommt und da zu der Schwierigkeit, die sie an und für sich wegen der complicirten Form der Gebilde bieten, beim Operiren noch der erschwerende Umstand hinzukommt, dass man sich in einem sehr kleinen Gesichtsfelde orientiren soll, so werden die

---

1) Apertura externa recessus cavi tympani.

folgenden schematischen Darstellungen wesentlich das Verständniss der Formen erleichtern.

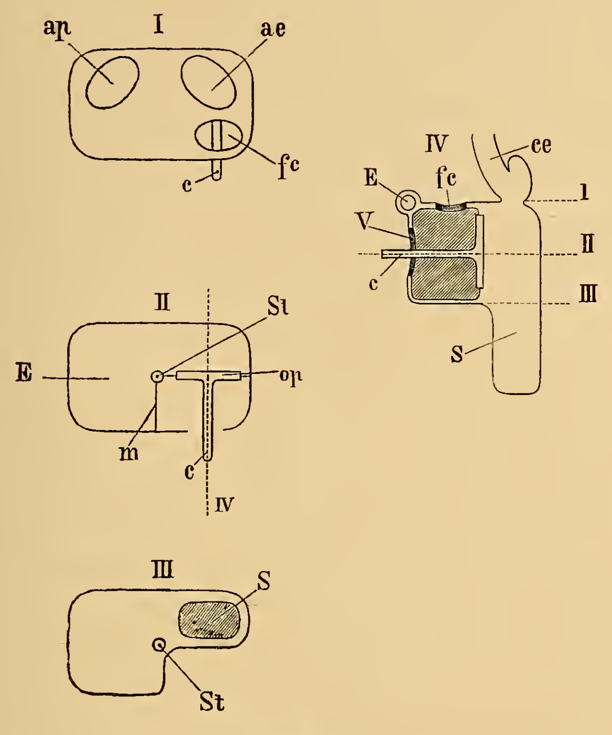


Fig. 30.

Schematische Darstellung des unteren Theiles der knöchernen Ohrkapsel der Taube; ap und ae sind die Oeffnungen, welche nach Abtragung der Amp. post. und der Amp. extern. sichtbar werden; fc Foramen communicans; c Columella; E Erker; St Stäbchen; op Operculum; m Membrana tymp. secund.; S Schnecke; F Canalis Fallopial; ce Canal. extern.; V Vorfenster. Die Figuren I, II, III sind successive Querschnitte, deren Lage am Längsschnitt Fig. IV zu sehen ist. Die Lage des letzteren ist in Fig. II angegeben.

Fig. 30 IV stellt einen Längsschnitt durch die Schnecke dar. Ihre Achse ist in vertikale Lage gebracht, in Wirklichkeit ist sie aber mit dem unteren Ende nach vorn und fast parallel der Schnabelachse gerichtet. Die Schnecke (S) erweitert sich oben

und bildet den Erker, der hinter der Membr. tymp. secund. gelegen ist. Man muss sich vorstellen, dass die vordere Wand des Antevestibulums fortgebrochen ist und dass wir einen Querschnitt vor uns haben, der durch die punktirte Linie IV in Fig. II angedeutet ist. Dieser Schnitt würde auch den Canal. ext. (ce) durchschneiden, doch ist derselbe des leichteren Verständnisses wegen ungetheilt angedeutet worden. Das Vorfenster (V) und das Foramen communicans (fc) sind quer durchschnitten. Auch ist der Querschnitt des Fallopischen Kanals (F) angegeben. Die Striche I, II, und III bezeichnen die Ebenen, durch welche die horizontalen Querschnitte der Figuren I, II und III gelegt sind. In Nr. I erblickt man die Columella durch das Foram. communicans hindurch und es sind die Oeffnungen für die Ampullen (ae) und (ap) zu sehen. Nr. II zeigt einen Durchschnitt durch den Erker etwa in seiner halben Höhe. (St) ist das mitten durchgeschnittene Stäbchen, die Membrana tymp. secund. (m) steht etwa rechtwinklig zum Operculum (op). In Nr. III ist gerade nur noch der Boden des Erkers stehen geblieben und man sieht in den tiefen Schneckenkanal (S) hinein.

Nach dieser Einschaltung der schematischen Abbildungen sind die folgenden Figuren leicht verständlich. Die Fig. 13 Taf. III zeigt die Ohrkapsel theilweise frei präparirt, theilweise in Verbindung mit den umgebenden Knochen und auch theilweise eröffnet. Aus dem Canalis ext. und dem Canal. post. sind grosse Stücke resecirt, und man sieht in die Stümpfe hinein. Man sieht ferner durch die Bresche hindurch den Beginn des Aquaeductus vestibuli (f). Sehr deutlich tritt das Foramen communicans (fc) hervor, und es ist von besonderer Wichtigkeit zu bemerken, dass sich unmittelbar an der Ampulla extern. noch ein anderes, bedeutend kleineres, Loch (ff) befindet. Es wird dies nur durch eine Knochenplatte gebildet, die sich bogenförmig an die Ampulle anlegt, und das Loch führt daher nur in andere Lufträume der Ohrhöhle, nicht aber in das Antevesti-

bulum. Bei der Operation bricht man die das Loch bildende Knochenplatte fort und hat dann die glatte Wand der Ampulle vor sich. Ich nenne dieses Loch Foramen falsum.

Diese Figur lässt ferner in den eine Strecke weit eröffneten Fallopischen Kanal (F) sehen und zeigt die Einmündung des Sinus extern. (S) in denselben. Letzterer liegt daher nicht eigentlich auf dem Boden der Ohrhöhle, wie dies die Fig. 9 und 10 Taf. II glauben machen konnte, sondern er schimmert nur durch die dünne Knochenplatte, die den Fallopischen Kanal deckt, hindurch. Den Canal. Fallop. als solchen kann man nicht ohne seine Eröffnung erkennen, aber der durchschimmernde Sinus ermöglicht es, ihn ohne Mühe aufzufinden.

Bricht man den Fallopischen Kanal fort, so erhält man ein Präparat, wie es die Fig. 14 Taf. III zeigt. Man sieht an der Ampulle noch das Foram. falsum und auch noch als schwache Rundung den inneren Rand des aufgebrochenen Foramen communicans. Es erscheint das Stäbchen in voller Deutlichkeit, und die Anfangsöffnung des Aquaeductus cochleae am Boden des Erkers, da auch ein Theil der äusseren Wand des letzteren fortgenommen ist. Rechts oben am Stäbchen vorbei sieht man das Foramen raml. cochlearis.

Nachdem nun noch das Stäbchen, der grösste Theil der Amp. post. und der Amp. extern., ferner der Rest der Decke des Vestibulums entfernt ist, kann man die innere Wand der Ohrkapsel in grosser Ausdehnung übersehen und einen Standpunkt finden, Fig. 15 Taf. III, von dem aus man die 7 kleineren, (die beiden Fenster sind die grösseren) in die Kapsel führenden Öffnungen zu gleicher Zeit sehen kann. Sie sind bereits oben besprochen worden.

Wegen der Wichtigkeit, die die Lage dieser Öffnungen der Aeste des Octavus für die Operationen haben, ist die von aussen gesehene innere Wand der Ohrkapsel in Fig. 16 Taf. IV nochmals dargestellt, jetzt aber in einer solchen Lage, dass man

gerade auf den Boden der Amp. extern. und der Amp. post. hinaufsieht. Um diese Ansicht zu erhalten, muss man sich die vorige Figur mit ihrem oberen Ende zum Beschauer hingedreht denken. Die Ampullen sind sämmtlich fortgebrochen, was nach dem Studium der vorigen Abbildungen das Verständniss wohl nicht mehr behindern wird. Andererseits ist die dünne vom Canal. ext. umspannte Knochenwand der Ohrhöhle erhalten worden, um den Durchbruch des Cavum mesooticum und seinen Abstand vom Canal. post. zu zeigen.

Es erübrigt von dem Verlauf der wichtigen venösen Blutgefässe zu sprechen, welche die knöchernen Kanäle begleiten und welche man Sinus genannt hat. Das Gefäss, das sich zum Canal. ant. an sein Ampullenende gesellt und im Verlauf des ganzen Bogens fast bis zu seinem Ende neben ihm bleibt, heisst der Sinus ant. Fig. 10 Taf. II. Es liegt zwar dieser Sinus noch auf kurze Strecke dem glatten Ende des Canal. ext. und dem Ampullenende des Canal. post. an, bevor er in seinem weiteren Verlauf die äussere Schädelwand durchbohrt und so nach aussen gelangt, aber er wird doch seiner ganzen Länge nach nur als Sinus ant. bezeichnet. Er streift auch mehr die beiden letztgenannten Kanäle, als dass er sie wirklich begleitet. Anders das zweite hier in Betracht kommende Blutgefäss. Es bildet sich aus zwei aus der Dura mater kommenden und in das sogenannte Infundibulum oder Cavum mesooticum eintretenden Venen (vergl. p. 86). Diese gehen getrennt durch das Cavum mesooticum, legen sich dann aneinander und bilden, von dem glatten Ende des Can. post. nur durch einen engen Spalt getrennt, zunächst die Radix sinus post. Das aus der Vereinigung der beiden Venen dann hervorgehende Gefäss heisst Sinus post. solange es an dem gleichnamigen Kanal entlang läuft. Am grossen Kreuz verlässt es aber diesen Kanal, begleitet nun den Canal. ext. als Sinus ext. und begiebt sich schliesslich in den Fallopischen Kanal hinein immer noch den letzteren Namen führend.

Die Blutsinus liegen nirgends frei in der Ohrhöhle. Der Sinus post. und der Sinus extern. sind in ihrem ganzen Verlauf von einer knöchernen Röhre umschlossen, zu der sich die Wände des Cavum mesooticum verjüngen. Die Röhre des Sinus ant. ist da, wo sie an die Schädelhöhle grenzt offen, und die auf diese Weise entstehende Rinne schliesst den Sinus nur gegen die Ohrhöhle ab.

Das häutige Labyrinth.

Obgleich das häutige Labyrinth als Endapparat des Octavus physiologisch der allein wichtige Theil des ganzen Labyrinths ist, so brauchen wir hier, nach Besprechung der knöchernen Kapsel, doch nur wenige Bemerkungen über dasselbe zu machen. Denn es hat im Allgemeinen dieselbe, nur etwas verkleinerte Gestalt der Labyrinthkapsel, und wir ziehen es bei den Operationen entweder ganz aus der eröffneten knöchernen Kapsel heraus oder wir machen doch nur einfache Durchschneidungen und Unterbindungen der Kanäle. In allen Fällen kann uns auch der complicirte, mikroskopische Bau des Organs bei den Operationen ganz gleichgiltig sein, und er wird daher hier nur so weit berücksichtigt werden, als derselbe schon jetzt physiologisch verwerthet werden kann.

Das häutige Labyrinth hat also im Grossen und Ganzen dieselbe Form wie die in der Fig. 2 Taf. III abgebildete knöcherne Kapsel, von der es überall durch den perilymphatischen Raum getrennt ist. Eine genaue Wiedergabe seiner Gestalt erblickt man in der Fig. 17 Taf. IV, welche nach G. Retzius vorzüglichen Abbildungen gezeichnet ist. Die grösste Abweichung von der Form der Kapsel wird durch den Mangel einer dem Erker entsprechenden Ausbuchtung des häutigen Labyrinths bedingt. Der Erker ist eben nur ein perilymphatischer Raum. Die häutigen Ampullen liegen den knöchernen dicht an und lassen nur einen flachen Raum am Dach unausgefüllt. Die häutigen Bögen sind

dagegen bedeutend kleiner als das Lumen der knöchernen und lassen einen weiten Lymphraum um sich herum. Die Achsen oder Seelen der beiden Kanäle fallen nicht zusammen, sondern die häutigen Kanäle liegen dicht am convexen Rande der knöchernen. Auf dem Querschnitt sind die häutigen Bögen oval, mehr oval als die knöchernen, und wir unterscheiden auch an ihnen einen convexen und concaven Rand bei dem Canal. extern. dazu einen oberen und einen unteren, bei den beiden anderen Kanälen vordere und hintere Ränder (vergl. p. 79). Ueberhaupt sind die Bezeichnungen für das häutige Labyrinth ganz die analogen wie für das knöcherne.

Die Schnecke ist unter der Westienschen Lupe leicht durch die Querstreifung des Tegmentum vasculosum erkenntlich. Diese Streifung rührt von den Falten der sehr dünnen Membran her.

Bei den Operationen zieht man nur den mit Endolymphe erfüllten Ductus cochlearis aus der knöchernen Schnecke heraus. Dieser ist auch allein in der Fig. 17 Taf. IV abgebildet. Er besteht aus einem länglichen makroskopisch leicht erkennbaren Knorpelrahmen, zwischen dessen Schenkeln die Membrana basilaris mit der Papilla acustica basilaris ausgebreitet ist und über den sich das Tegmentum vasculosum, das Homologon der Membrana Reissneri, wölbt. Nur die beiden äusseren Kanten der beiden Schenkel des Knorpelrahmens berühren die knöcherne Schnecke. Die Kante des hinteren Schenkels ist nämlich am Stäbchen angeheftet und der Nervenschenkel liegt der gegenüber befindlichen Knochenwand an. Der ganze Ductus cochlearis bildet also gewissermassen eine Scheidewand in der knöchernen Schnecke zwischen den beiden mit Perilymphe erfüllten Treppen. Die Scala vestibuli befindet sich auf der Seite des Tegmentum vasculosum (vorn und oben), die Scala tympani auf der Seite des Knorpelrahmens (hinten und unten) und füllt mit ihrem Recessus den ganzen Erker aus.

Das letzte Ende der Schnecke heisst die Lagena und kann an

der kolbigen Auftreibung und dem undurchsichtigen, weisslichen Aussehen der Papilla acustica lagenae auch ohne Vergrösserung leicht erkannt werden. Bemerkenswerth ist, dass am grossen wie am kleinen Kreuz, wo wie oben gezeigt die knöchernen Bögen mit einander communiciren, die häutigen ohne sich ineinander zu öffnen übereinander fortlaufen. Wohl aber gehen die zahlreichen Blutgefässe, welche, wie überall das häutige Labyrinth, so auch hier die Kanäle in dichtem Netz umspinnen, mehrfach an dieser Stelle von einem Kanal auf den andern über. Um diese Verhältnisse zu illustriren habe ich ein Präparat von der Kreuzungsstelle des Canal. extern. und des Canal. posterior angefertigt und in Fig. 18 Taf. IV abbilden lassen. Die starke Füllung der Gefässe ist durch eine intra vitam aber kurz vor dem Tode erzeugte Hyperaemie zu Stande gekommen. Es handelt sich also nicht um ein Injectionspräparat im gewöhnlichen Sinne, auch nicht um etwa durch Entzündung erkrankte Kanäle.

Die Consistenz des häutigen Labyrinths, speciell der Kanäle ist eine sehr eigenthümliche. Viele Autoren haben von der grossen Elasticität der Kanäle gesprochen. Sie meinten damit offenbar eine grosse Elasticität nicht im physikalischen Sinne sondern nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch, also eine sehr „vollkommene“ Elasticität der Physiker. Ich kann dies nicht zugeben. Die Consistenz der Kanäle hat mich immer an die des sogenannten Eihäutchens der gesottenen Hühnereier erinnert. Alle organischen Häute und Kanäle haben eine gewisse Dehnbarkeit, so auch die häutigen Bogengänge, aber die letzteren sind im Vergleich mit andern Geweben sehr unvollkommen elastisch. Man hat sich wohl in dieser Beziehung dadurch täuschen lassen, dass man nach Eröffnung eines knöchernen Kanals den häutigen in einer Schlinge hervorziehen kann, ohne ihn zu zerreissen. Dabei dehnt man aber den Kanal nur ganz unbedeutend, und er lässt sich nur ein Stück weit aus dem Loch herausziehen, weil er sich von dem convexen Rand entfernt und in kürzerem Bogen

an den concaven Rand des knöchernen Kanals legt. Allerdings lässt sich ein häutiger Kanal auch unter Abnahme seines Lumens in die Länge ziehen, dann behält er aber auch nach dem Fortfall des Zuges diese Länge und geht nicht in die frühere Gestalt zurück. Am deutlichsten und in unerfreulicher Weise gewahrt man die Unvollkommenheit der Elasticität und die leichte Zerreisslichkeit der häutigen Bögen, wenn man sie durch eine Fadenligatur zu schliessen sucht. Zieht man nämlich den Seidenfaden auch nur wenig stark an, so zerschneidet oder zerquetscht man mit ihm doch schon den Kanal, was bei einer einigermassen vollkommenen Elasticität nicht der Fall sein würde. Da es aber durchaus genügt den einmal durchschlungenen Faden ganz schwach anzuziehen, um den Kanal zu schliessen, so kann man trotz seiner geringen Dehnbarkeit auf diese Weise Ligaturen zu Stande bringen und dieselben sind auch für manche Zwecke durchaus brauchbar.

Das ganze häutige Labyrinth theilt man in eine Pars superior und in eine Pars inferior ein. Die beiden Theile bestehen dann aus folgenden Stücken:

Pars superior.	Pars inferior.
Utriculus mit	Sacculus mit
Sinus superior	Ductus endolymphaticus mit dem
Sinus posterior	Saccus endolymphaticus
Recessus utriculi	Cochlea bestehend aus der
Ampullen und Kanäle.	Pars basilaris und der Lagena.

Der Sinus superior[1]) ist jene Verlängerung oder jener Auswuchs des Utriculus, in den die glatten Enden der Bogengänge

[1]) Die Länge des Sinus superior ist bei den verschiedenen Thierarten sehr wechselnd. Er kann physiologisch als eine Verschmelzung der glatten Enden des Canal. ant. und des Canal. post. aufgefasst werden. Je kürzer er ist, desto mehr haben sich die beiden Kanäle zu selbständigen ringförmigen Gebilden entwickelt. Es ist nun höchst interessant, dass man mit einem einzigen Blick auf ein häutiges Labyrinth aus der Länge des Sinus superior erkennen kann, ob das Thier, von dem das Organ stammt, ein grosses oder geringes Geschick

einmünden, der Sinus posterior stellt die Verbindung zur Amp. post., der Recessus utriculi die Verbindung zu den beiden anderen Ampullen dar. Aus dem kleinen Sacculus geht der Ductus endolymphaticus hervor, der nach oben zieht und durch den Aquaeductus vestibuli geht. Er durchbohrt schräg die Dura mater und endigt dann in einem auf dem Querschnitt dreieckig gestalteten Sack, dem Saccus endolymphaticus. Die Pars superior steht mit der Pars inferior durch den Canal. utriculo-saccularis in Verbindung, der aber bei der Taube nur durch ein Loch dargestellt wird, während der lange Canal. sacculo-cochlearis (Canal. reuniens nach Hensen), indem er in den Ductus cochlearis übergeht, zur Schnecke führt. Der Nervus octavus theilt sich zunächst in zwei grosse Aeste, einen Ramus anterior und einen Ramus posterior, die folgende weitere Verzweigungen haben.

Ramus anterior.

Ramulus amp. ant. zur Crista acust. amp. ant.	durch das Foramen raml. amp. ant.
Ramulus amp. extern. zur Crista acust. amp. extern. Ramulus recess. utric. zur Macula acust. rec. utric.	durch das Foramen raml. amp. extern.

Ramus posterior.

Ramul. sacculi zur Macul. acust. sacculi	durch das Foramen raml. sacculi.
Ramul. amp. post. zur Crista acust. post. Ramul. neglectus zur Macul. acust. neglect.	durch das Foramen raml. amp. post.
Ramul. basilaris zur Papilla acust. basil. Ramul. lagenae zur Papilla acust. lagenae	durch das Foramen raml. cochlearis.

---

hat, seinen Körper im Gleichgewicht zu erhalten. Die Länge des Sinus entspricht — um mich im Sinne meiner eigenen Anschauungen auszudrücken — den Anforderungen, welche in Bezug auf die Präcision an die Muskelbewegungen des Thieres gestellt werden. Am kürzesten ist er daher bei den Vögeln mit schnellem Flügelschlag, schon länger bei denen mit langsamen Flügelbewegungen, dann kommt der auf zwei Beinen gehende Mensch, darauf die Vierfüsser, unter ihnen die guten Springer voran u. s. w. Ich habe bisher nur eine Ausnahme von dieser Regel gefunden, die sich aber wohl durch die besonderen Lebensbedingungen des Thieres erklären lässt. Unter den Fischen, die natürlich einen

Es gibt also 8 Nervenendstellen. Die markhaltigen Octavusfasern gehen durch das Ganglion cochleare, welches der knöchernen Labyrinthkapsel dicht anliegt. Das Nervenepithel besteht überall aus zwei Zellenarten, den Haar- (oder Stäbchen-) Zellen und den Fadenzellen. Die ersteren, welche die unten breiten und dann sehr spitz zulaufenden Haare tragen, stehen nicht miteinander in directer Berührung, indem sie durch dazwischen stehende Fadenzellen isolirt sind. Die Nervenfasern, in deren weiteren Verlauf sich noch zahlreiche Ganglienzellen finden, verlieren vor ihrem Eintritt in das Nervenepithel die Markscheide und können schliesslich bis in die Haarzellen hinein verfolgt werden. Aus den 8 Nervenendstellen lassen sich zwei Gruppen aussondern, welche nach zwei verschiedenen Typen angeordnet sind.

1. Die 3 Cristae acusticae. Die Nervenfasern dringen vom Boden her in die Ampullen ein und stülpen ihn gewissermassen nach innen in die Ampulle, so dass eine zur Ebene derselben quer gestellte Falte entsteht. Von aussen betrachtet erscheint daher die Stelle des Nerveneintritts als Sulcus transversus, im Innern der Ampulle als Septum nerveum. Der eintretende Nerv spaltet sich in zwei Aeste, welche in der Ebene des Septums nebeneinander dasselbe durchlaufen und sich dabei fächerförmig ausbreiten. In ähnlicher Weise bilden die auf der hohen Kante des Septums frei in die Endolymphe der Ampulle ausstrahlenden Haare[1]) der Haarzellen einen mit seiner Fläche

---

tiefen Rang in dieser Reihenfolge einnehmen (vergl. Pflüger, Archiv Bd. 41 p. 482), hat der Cyclopterus lumpus einen relativ sehr kurzen Sinus superior. Er soll sich zum Zweck der Vertheidigung und beim Ergreifen der Nahrung sehr geschickt mit dem Kopf bewegen können, wenn er sich mit seiner Haftscheibe an einem Felsen angeheftet hat.

[1]) Die Haare sind nach Messungen von Retzius etwa 0,05 mm lang. In Bezug auf ihre Anordnung kann ich nicht umhin, auf die schöne Abbildung, die V. Hensen von einer Ampulle von Gobius gegeben hat, zu verweisen, wenn auch diese Verhältnisse bei den Fischen etwas von denen bei der Taube, die allein im Obigen berücksichtigt wurde, abweichen.

gegen den Kanal gerichteten Fächer, von dem jede Hälfte mit seinem besonderen Nervenästchen in Verbindung steht. Die Theilung des Nerven scheint indessen keinen physiologischen Werth zu haben (vergl. Kap. XI). Sie ist auch keine durchgehende Erscheinung. So findet schon in der Ampulla extern. keine Gabelung ihres Nervenastes statt, und das Septum nerveum zieht sich unsymmetrisch nur an der einen (der unteren) Seitenwand der Ampulle vom Boden aus hinauf. (Beim Menschen sind die Septa in allen 3 Ampullen fast gleich gestaltet, und es gabelt sich auch der in die Amp. extern. eintretende Nervenast.) In den beiden vertikalen Ampullen gehen von der Mitte des Septum nerveum noch zwei zu ihm quer gestellte und daher in der Ebene der Ampulle sich befindende kleine Wülste aus, so dass ein Septum cruciatum gebildet wird. Da diese seitlichen Wülste wie zwei Strebepfeiler das Septum zu befestigen scheinen, so könnte man ihnen diese Aufgabe vom physiologischen Standpunkte aus zuschreiben wollen. Aber auch sie sind ungleich in den Ampullen vorhanden. Sie fehlen in der Amp. extern., und der Mensch besitzt sie in keiner Ampulle.

2. Die mit Otolithen bedeckten Nervenendstellen. Es sind dies die Macula acust. recessus utriculi, die Macula acust. sacculi und die Papilla acust. lagenae. Sie sind sämmtlich flächenhaft fast in einer Ebene ausgebreitet und mit einer ihrer Form genau entsprechenden Membrana tectoria bedeckt, in welcher die kleinen Otolithen in mehrfacher Schicht eingebettet sind. Nach Breuer's neuesten Untersuchungen[1]) stehen die Flächen dieser 3 Nervenendstellen senkrecht zu einander. (Die Säuger haben bekanntlich nur 2 Otolithenapparate.)

---

[1]) Breuer, J. Ueber die Funktion der Otolithen-Apparate. Pflüger, Arch. Bd. 48, p. 195.

Nach Abzug der besprochenen 6 Nervenendapparate bleiben noch die Papilla acust., basilaris, welche offenbar hauptsächlich das Hören vermittelt, und die Macula acust. neglecta übrig. Letztere, welche von Retzius entdeckt wurde, liegt am Boden des Sinus post. dicht an der Amp. post. Sie ist ähnlich wie die andern Gehörflecken gestaltet, hat aber keine Otolithen.

Kapitel V.

Die Herausnahme des ganzen Labyrinths der Taube.

Im Folgenden wird die Herausnahme des rechten Labyrinths geschildert werden. Links ist die Operation etwas unbequemer, weil der Körper der Taube der rechten Hand leichter in den Weg kommt. Der Taubenhalter gestattet aber doch stets den Kopf in eine solche Lage zu bringen, dass man links ganz ebenso wie rechts verfahren kann.

I. Abschnitt.

Die Vorbereitung zur Freilegung der Kanäle.

Dieser erste Abschnitt — es ist in dieser Beziehung der einzige — wird ohne Westien'sche Lupe ausgeführt. Nachdem die Taube sorgfältig geschoren ist (vergl. oben p. 55) wird sie im Taubenhalter befestigt. Die Lage des Hautschnitts ist in der Fig. 19 Taf. IV abgebildet. Man reibt zunächst die geschorene Hautstelle mit einem nassen Schwamm etwas ab, wodurch die Hautgefässe deutlich hervortreten. Ein etwas grösseres derselben zieht gewöhnlich von der Medianlinie zur äusseren Ohröffnung hin. Man thut gut dies Gefäss nicht zu durchschneiden, sondern die Haut etwas nach hinten zu verschieben, wodurch der Hautschnitt vor das Blutgefäss zu liegen kommt. Es verbindet der Hautschnitt einen Punkt der Medianlinie mit der Ohröffnung

und liegt wenige Millimeter vor der durchschimmernden Linea semicircularis, dem bekannten Muskelansatz der Nackenmuskeln. Ich beginne den Hautschnitt in seiner Mitte, indem ich mit einem scharfen Messer einen kurzen Schnitt mache, dann hebe ich die Haut mit der Pincette auf und verlängere den Schnitt mit der Scheere bis er die nöthige Ausdehnung erreicht. Die Blutung ist nur eine geringe und wird durch Schwämmchen mit kaltem Wasser leicht gestillt.

Zieht man nun die Haut etwas nach hinten, so tritt sogleich die Linea semicircularis zu Tage, und von ihr aus wird die das Operationsfeld bedeckende Muskulatur abpräparirt und nach unten verschoben. Man bedient sich hierzu des Messers (Fig. 22). Es ist recht spitz aber nur an seiner Spitze einige Millimeter lang scharf. Die übrige Schneide ist stumpf, und man kann es daher in die Faust nehmen, genau so, wie man ein Messer fasst um einen Bleistift anzuspitzen, ohne sich dabei in den die Schneide umgreifenden Zeigefinger zu schneiden. Der Daumen derselben Hand ruht dabei auf dem Kopf der Taube, und die Bewegungen des Messers sind gegen den Daumen hin gerichtet. Man arbeitet zunächst ganz behutsam mit der Spitze des Messers. Es heben sich dabei die sehnigen Enden des Muskels etwas vom Knochen ab, und die Spitze des Messers kann dann unter sie gelangen und sie völlig abtrennen. Ist erst einmal der Muskel an der Linea semicircularis auf diese Weise losgelöst, so lässt er sich leicht und durch grössere Messerbewegungen zurückschieben, ohne dass es zu einer irgendwie erheblichen Blutung kommt. Mit der linken Hand drückt man ein nasses Schwämmchen auf die freigelegten Partien des Muskels und erneuert dies von Zeit zu Zeit, wenn es warm geworden ist. Das Zurückschieben des Muskels geschieht fast auf der ganzen Länge der Linea semicircularis, nur ein Stückchen von 2 oder 3 mm an der Medianlinie lässt man unberührt. Fig. 20 Taf. IV zeigt ein Muskelpräparat von den in der Nähe des Ohres befindlichen Muskeln, von

denen man bei der Operation natürlich nur die oberen Partien zu sehen bekommt. Von der Linea semicircularis entspringen und werden herunter geschoben: erstens ein langer und ein kurzer Nackenmuskel. Zwischen beiden liegt das bewegliche Ende des Zungenbeins. Zweitens ein Muskel, der zum Unterkiefer hinzieht, den man eigentlich mehr lateralwärts (nach vorn) als nach unten verdrängt. Der kleine Muskel, der am Orbitalrand entspringt und sich in der Haut verliert, wird ebenfalls nur zur Seite geschoben und nicht durchschnitten. Er ist nur auf der Abbildung so dargestellt, weil man ihn für das Präparat behufs Entfernung der Haut durchschneiden musste.

Sobald die Muskulatur zurückgeschoben ist, sieht man durch die glatte und dünnwandige Knochenwand das grosse Kreuz der Bogengänge durchschimmern. Der Knochen wölbt sich über dasselbe wie eine flache Kuppel, und diese muss ringsherum von den Muskeln entblösst sein. Man schiebt daher die Muskeln so weit zurück wie es geht, d. h. bis man merkt, dass sie wieder einen festeren Zusammenhang mit dem Knochen haben und bleibt auf diese Weise überall von dem Knochenrand des Kopfes und des äusseren Gehörganges noch ein wenig entfernt.

Man erleichtert sich das spätere Operiren sehr durch das Anbringen der in Fig. 26 dargestellten und p. 73 beschriebenen Wundhaken. Sie halten die Muskelmassen von dem Operationsfeld fern, indem sie dieselben nach der Seite und nach unten ziehen. Andererseits bleibt aber gewöhnlich oberhalb der Knochenwunde ein grösseres Stück des Schädeldaches von Haut entblösst und trocknet leicht ein. Ich lege einen Streifen nasses Fliesspapier darüber und feuchte denselben von Zeit zu Zeit mit einem kleinen Handspray an.

Man erblickt das durchschimmernde grosse Kreuz, die Linea semicircularis und die zurückgeschobene Muskulatur in der Fig. 21 Taf. IV. Auf dieser Abbildung ist auch die äussere

Gehöröffnung und der Unterkiefer freigelegt, was bei der Operation nicht geschieht. Das grosse Kreuz schimmert in natura nicht ganz so deutlich durch wie es gezeichnet ist, doch ist es immer, auch für den Ungeübten, wahrzunehmen. Ganz schwach ist auf der Abbildung auch die Vorwölbung des Schädeldaches über dem grossen Kreuz angedeutet und die Grube, welche zwischen ihr und der Medianlinie entsteht. Bei den Operationen ist diese Grube ein gutes Merkmal zur Orientirung.

Das grosse Kreuz theilt das Gesichtsfeld in 4 Quadranten, die bezeichnet werden, wie es die schematische Zeichnung (Fig. 31) angiebt. Der Quadrant I liegt zwischen den glatten Enden des Posterior und des Externus, und dann geht die Bezeichnung rechtsherum[1]) weiter. Die beiden Quadranten, welche nun nach dem Herunterschieben der Muskulatur am deutlichsten zu Tage liegen, sind die mit II und III bezeichneten, und in beide wird mit dem in Fig. 23 dargestellten Stichmesser eingestochen.

II. Abschnitt.

Die Freilegung der Bogengänge.

Von jetzt an wird die Operation bis zum Zunähen der Wunde ausschliesslich unter der Westien'schen Lupe ausgeführt. Man schiebt sie also auf der Gleitstange bis zu der eingefeilten Marke und stellt den Kopf der Taube so ein, dass man den Quadranten III übersehen kann. Der Spiegel an der Lupe beleuchtet das Operationsfeld. Man hebt zuerst das Knochendach über den Bögen ab. Hierzu sind 3 Instrumente erforderlich. Erstens der von nun an zum Hauptinstrument werdende und ganz unersetzliche Excavator (Fig. 21), mit dem man unter den dünnen Knochen gelangen und ihn dann leicht abheben kann, mit dem man ferner sicher und bequem die zarten Knochen-

[1]) Auf der linken Körperseite natürlich linksherum.

balken und Spangen abbricht und abkratzt, die die Bogengänge untereinander und mit den Wänden der Ohrhöhle verbinden. Zweitens eine spitze aber starke und innen ganz glatte Pincette. Ich kann hierzu sehr die Uhrmacherpincetten empfehlen und hielt es nicht für überflüssig, mein Modell abzubilden (Fig. 18), weil in der That auf die Güte der Pincette viel ankommt. Mit derselben werden die vom Excavator losgebrochenen Knochenstückchen herausgeholt, die abgehobenen Partien der Schädeldecke abgerissen, Knochenstücke abgebrochen u. s. w. Es wird drittens das schon benutzte Stichmesser verwandt, jedoch nur um die Grenzen, bis zu denen man die Schädeldecke entfernen will, gewissermassen abzustechen. Denn da der dünne Knochen wie Papier weiterreisst, wenn man an ihm mit der Pincette zieht, so läuft man dabei Gefahr, unter die zurückgeschobene Muskulatur und in die dort gelegenen grossen Venen zu gerathen. Man umschneidet desshalb an diesen Stellen, besonders an den medianen Grenzen im I. und II. Quadranten, das Gebiet, in dessen Ausdehnung man die Schädeldecke entfernen will.

Alles dies lässt sich leicht ausführen, nur in unmittelbarer Nähe des die Bogengänge begleitenden Sinus muss man etwas vorsichtig zu Werke gehen. Die Sinus bestehen aus einem knöchernen Kanal, in dem sich die Vene befindet. Die Wand der letzteren ist jedoch so zart und liegt dem Knochen so dicht an, dass eine Verletzung der knöchernen Wandung fast unfehlbar zu einer Blutung führt. Wenn aber auch nur wenig Blut in die Wunde fliesst, so ist es geboten von einer Fortführung der Operation Abstand zu nehmen. Ausserdem giebt es noch eine Gefahr. In den kleinen Knochenspangen, welche die knöcherne Hülle des Sinus mit dem übrigen knöchernen Maschenwerk zwischen den Bogengängen verbinden, verlaufen zuweilen ganz kleine Seitenäste zu dem Sinus selbst. Bricht man eine solche Spange ab, so kann aus ihr Blut heraustreten. Gewöhnlich ist eine solche Blutung in der That sehr gering, und es genügt

mit dem nassen kalten Schwämmchen (Fig. 25) darauf zu tupfen, um sie zum Stehen zu bringen. Man thut indessen immer gut diese kleinen Spangen, welche direct dem Sinus aufsitzen, durch mehrmaliges Hin- und Herbiegen abzubrechen, wobei sich ihr kleines Lumen schliesst. Auf keinen Fall darf man sie mit Gewalt senkrecht vom Sinus abreissen, denn hierbei kann leicht ein Stück von der Sinuswand selbst mit herausgerissen werden. Uebrigens braucht man bei der in Rede stehenden Operation nur die beiden Stellen des Sinus extern. und des Sinus post. ganz sauber zu machen, wo sie durchbrannt werden sollen.

III. Abschnitt.

Die Entfernung des Blutgefässes.

(Sinus externus und Sinus posterior.)

Wenn ein Sinus durchbrannt wird, so leidet dadurch, wie später gezeigt werden wird, auch der häutige Bogengang. Da wir aber im vorliegenden Falle das ganze Organ entfernen wollen, so brauchen wir auf die Schädigung des häutigen Kanals keine Rücksicht zu nehmen und wählen zur Entfernung des Sinus die bequeme und sichere Methode der galvanokaustischen Verödung.

Es handelt sich nun darum, ein grösseres Stück des Sinus externus und ein kleineres des Sinus posterius zu beseitigen, damit wir später den die Aussicht in die Tiefe behindernden Canal. extern. und das grosse Kreuz fortnehmen können. Die beiden Stellen, wo die Sinus durchbrannt werden sollen, sind auf der schematischen Figur 31 mit b_1 und b_2 bezeichnet. Die Stelle b_1 liegt unweit von dem Orte, wo der Sinus post. aus der Radix sin. post. zu einem einzigen Gefäss wird, also noch am Canal. posterior aber auch nicht weit von der Stelle, wo der Sinus auf den Canal. extern. umbiegt. Man darf die Brand-

stelle b_1 nicht weiter nach oben verlegen, denn die beiden Ursprungsvenen lassen sich nicht ohne Blutung mit dem kleinen Galvanokauter veröden, und eine grössere glühende Masse ist wegen der Nähe des Gehirns zu vermeiden. Die zweite Brandstelle b_2 liegt dicht vor der Ampulla externa. Auch diese kann man nicht weiter hinausschieben, zunächst weil man mit dem Galvanokauter nicht gut tiefer gelangen kann und dann, weil man bei einer noch weiter entlegenen Stelle den Facialis schädigen würde (vergl. Fig. 8 Taf. III).

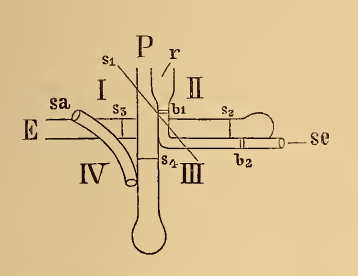


Fig. 31.

Schematische Darstellung des grossen Kreuzes. I, II, III und IV bezeichnen die 4 Quadranten. P ist der Canal. post.; E der Canal. extern.; r Radix sin. post.; se Sin. extern.; sa Sin. ant. Es bezeichnen ferner b_1 und b_2 die Stellen, wo das Blutgefäss durchbrannt wird, s_1, s_2, s_3 und s_4 die Stellen, wo die knöchernen Bögen durchgeschnitten werden.

Der Galvanokauter, mit dem wir dies Durchbrennen ausführen, ist in der Fig. 17 abgebildet und p. 66 bereits besprochen worden. Wir bringen ihn kalt dicht über die zu verödende Stelle und schliessen dann erst mittels des Fusscontactes den Strom, der die Schlinge nur ganz dunkel rothglühend macht. Mit letzterer berühren wir einen Augenblick den Kanal, entfernen dann sofort das Instrument wieder und öffnen auch sofort wieder den Strom. Dies Verfahren, das man einige Male wiederholen muss, concentrirt am besten die Hitze auf die zu durchbrennende Stelle des Sinus, und indem man langsam fortschreitet, erkennt man leicht, wo und wie vorzugehen ist. Nach der ersten Berührung wird der Sinus blendend weiss. Seine Wandung zieht sich nämlich unter der Einwirkung der Hitze von der knöchernen Wand zurück und der hohle Raum, welcher unter der dünnen Knochenwand entsteht, lässt diese so weiss erscheinen. Dann wird diese knöcherne Wand zum Ver-

kohlen gebracht, wodurch der schon geschrumpfte Sinus zu Tage tritt. Man dringt aber immer tiefer ein bis man nur noch verkohlte Substanz an der Stelle des Sinus vermuthet. Mit dem Excavator kann man, falls der Augenschein nicht schon die völlige Verkohlung des Sinus lehrt, die Stelle betasten und trifft man noch auf weiche Substanz, so berührt man diese nochmals mit dem Galvanokauter. Ganz sicher ist man erst, dass die Durchbrennung gelungen ist, wenn man den Boden der Brandstelle etwas mit dem Excavator gesäubert und hier den hellen Knochen des Kanals freigelegt hat. Nie darf bei dieser ganzen Procedur des Durchbrennens irgend ein Blutaustritt stattfinden. Sollte doch einmal bei zu schnellem Vorgehen eine Blutung aus dem Sinus entstehen, so ist wie immer bei Blutergüssen von der Fortsetzung der Operation Abstand zu nehmen.

Jetzt bildet das zu entfernende Stück des Blutgefässes einen beiderseitig geschlossenen aber mit Blut erfüllten Schlauch. Dieser wird von dem Canal. ext. und dem kleinen Stückchen des Canal. post., also in seiner ganzen Länge, von seiner Unterlage abgekratzt. Um das in ihm enthaltene und möglicherweise hierbei aus ihm austretende Blut nicht in das Operationsfeld fliessen zu lassen, wird der Raum unterhalb des grossen Kreuzes zuvor mit Fliesspapierstreifen ausgefüllt, die diese kleine Blutmenge aufnehmen und dann wieder entfernt werden.

IV. Abschnitt.

Die Freilegung des Labyrinths.

Nachdem der Sinus entfernt ist, werden zwei Sägeschnitte ausgeführt. Der erste ist auf der schematischen Zeichnung Fig. 31 mit s_1 bezeichnet. Er geht dicht an der Brandstelle b_1 vorbei und durchschneidet schräg den Canal. post. und den Canal. extern. Das Sägen ist nicht ganz leicht. Die kleine Säge ist in Fig. 32 abgebildet. Ich habe, wie in der Einleitung erwähnt, versucht so-

wohl zum Durchsägen der plombirten Kanäle wie auch zur Ausführung der in Rede stehenden Schnitte kleine besondere Maschinen zu verwenden, bin aber auf die Handsäge wieder zurückgekommen. Durch Uebung an der Leiche wird man sich



Fig. 32.

Die Säge zum Durchschneiden der Bögen und der Plomben. Verkl. 1 : 1,5.

die nöthige Fertigkeit unschwer erwerben. Wie bei allem Sägen, wende man auch hier niemals Gewalt an und vermeide es sorgfältig mit der Säge nach unten zu drücken. Man ziehe und stosse nur leicht hin und her. Sehr wesentlich ist, dass die Zähne der Säge ganz niedrig sind. Der Mechaniker wird sie wohl immer zu hoch liefern; man schleift sie dann ab bis sie eigentlich nur noch eine Feile darstellen. Das Blatt der Säge ist papierdünn.

Der zweite Sägeschnitt geht quer durch den Canal. extern. dicht über der Ampulle und ist in der schematischen Zeichnung mit s_2 angedeutet. Durch diesen Schnitt fällt ein grosses Stück des Canal. extern. ab. Es enthält ein eben so grosses Stück des häutigen Kanals, und wenn man ein vollständiges Präparat von dem ganzen Labyrinth zu machen beabsichtigt (vergl. Fig. 33), so zieht man aus dem abgesägten Stück den häutigen Kanal heraus und verwahrt ihn.

Darauf wird nun das grosse Kreuz entfernt, indem man von der durch den Sägeschnitt s_1 entstandenen Oeffnung aus die Wandungen der Kanäle mit der Pincette stückweise abbricht, bis man an die auf der schematischen Zeichnung Fig. 31 angegebenen beiden Striche s_3 und s_4 auf dem Canal. post. und Canal. extern. kommt, d. h. man bricht so viel herunter als es der

Sinus ant. gestattet. Man kommt etwas schneller vorwärts, wenn man anstatt das grosse Kreuz in dieser Weise abzutragen (abzubröckeln) die Canal. post. und extern. an den erwähnten Stellen s_3 und s_4 mit einer feinen und sehr spitzen Zange abbeisst. Da aber eine solche Zange nur für diesen kleinen Theil der Operation zu verwenden wäre, und man sich auf andere Weise hier helfen kann, so habe ich von der Empfehlung und Beschreibung der Zange Abstand genommen.

Jetzt, nachdem so viel von den Kanälen entfernt ist, als überhaupt in einfacher Weise entfernt werden kann, übersieht man die Decke des Vestibulums in ihrer ganzen Ausdehnung. Ihre Entfernung ist der schwierigste Theil der ganzen Operation. Doch bevor man noch daran geht, muss noch der häutige Canal. ant. durchschnitten werden, da man ihn sonst nicht mit dem Vestibulum herausziehen könnte. Die Eröffnung des knöchernen Kanals geschieht dicht über seiner Ampulle in der unten (Kap. VI) geschilderten Weise. Man bohrt also den knöchernen Kanal mit dem Bohrer (Fig. 37) an, erweitert das Loch mit der Fräse (Fig. 38), hebt dann mit einem kleinen Haken den häutigen Kanal heraus und durchschneidet ihn mit der Scheere (Fig. 20).

Die Abtragung der Decke des Vestibulums geht von dem Foramen communicans aus. Man geht mit der kleineren Horizontalzange, Fig. 24, in das Loch ein und bricht von seinem Rand ein Stückchen nach dem andern fort. Dabei ist man stets bedacht, denjenigen Rand des Loches, den der Sinus extern. umläuft, unberührt zu lassen. Sobald das Loch auf diese Weise genügend erweitert ist, um mit der grösseren Horizontalzange eindringen zu können, arbeitet man mit dieser schneller und gelangt bald bis zu den Fusspunkten der Ampulla post. und extern. Ich höre nun mit dem Abbrechen der Vestibulardecke zunächst auf, wende mich zu den Stümpfen des Canal. post. und Canal. extern., deren concaven Rand, also den der Ampulle benachbarten, ich mit dem Excavator

abtrage und eröffne auf diese Weise erst die Kanäle, dann auch die Ampullen selbst. Durch die Fortnahme der mehr nach aussen und unten gelegenen Wände der beiden Ampullen gelangt man zu dem vom Foramen communicans aus geschaffenen Defect, und es bleibt dann nur noch die eine (äussere) Fläche der Ampulla ant. und ein kleiner Theil der Vestibulardecke zwischen dieser Ampulle und dem Beginn vom Canal. extern. übrig. Hier ist überall schwer beizukommen. Excavatoren, Horizontalzange und Pincetten müssen hier abwechselnd arbeiten, und man muss sich dabei sehr in Acht nehmen, dass man nicht in das sogenannte Infundibulum kommt, sondern sich immer nach hinten (nach links vom Operateur, wenn er auf der rechten Seite operirt) an den Ursprung des Canal. ext. hält. Kann der Ungeübte der in Betracht kommenden Wand der Amp. ant. gar nicht beikommen, so mag er sie mit dem Bohrer anbohren und das Loch mit der Fräse erweitern. Die dann noch übrigbleibenden kleinen Knochenbrücken sind leicht zu entfernen.

Den Schluss der Freilegung des Labyrinths bildet die Herausnahme des Stäbchens und der Columella. Die obere Decke des Erkers, welche gewissermassen vom Stäbchen als Säule getragen wird, ist bereits gleich im Anfang, als das Foramen communicans erweitert wurde, entfernt worden. Es genügt daher, mit der gekrümmten Scheerenpincette (Fig. 19) einzugehen, das Stäbchen zu packen, abzubrechen und herauszuziehen. Dadurch wird zu gleicher Zeit die Fenestra rotunda zerstört und die Columella gelockert. Auch sie ergreift man mit der Scheerenpincette, und ein etwas stärkerer Zug genügt, um sie in toto herauszureissen.

V. Abschnitt.

Die Herausnahme des freigelegten Labyrinths.

Dieser Abschnitt ist der einfachste und in seiner Ausführung leichteste. Ist die mühselige Freilegung des Labyrinths ohne

Unfall glücklich zu Ende geführt worden, so gewährt es eine gewisse Befriedigung und daher einen gewissen Genuss, nun den Inhalt dieser complicirten Knochenhöhle herauszunehmen und die Wandungen der leeren Kapsel zu überblicken. Behufs Anfertigung eines Präparats ist es natürlich rathsam, das Labyrinth möglichst unzerstückelt zu lassen. Einzelne Stücke sind nachher schwer zu erkennen und der Beweis der Vollständigkeit ist mit Fetzen und Stückchen gar nicht beizubringen. Allerdings hat die Vollständigkeit des Präparats nur für Diejenigen einen Sinn, welche nicht die Operation gesehen haben, denn durch den Einblick in die leere, glattwandige und so schön erleuchtete, weisse Gehörkapsel wird die Vollständigkeit der Entfernung des ganzen Labyrinths mit noch ganz anderer Sicherheit bewiesen, als durch das beste Präparat. Für den Operateur ist also, wenn sonst die Operation nach der gegebenen Vorschrift ausgeführt wurde, ein Irrthum oder eine Unsicherheit überhaupt gar nicht möglich. Jedenfalls nicht in Bezug auf eine der Nervenendstellen. Allenfalls könnte ein Rest von dem glatten Ende eines Bogenganges beim Herausziehen des Labyrinths abreissen und im knöchernen Kanal verbleiben. Geschieht dies, so wäre in der That die Entfernung des Labyrinths keine ganz vollständige mehr im strengen Sinne des Worts, aber das Zurückbleiben eines solchen Kanalstückes kann keinerlei nachtheilige Folgen für die Verwerthung der Operation haben. Denn erstens ist ja dieser Rest eines Kanals weit von jeder nervösen Verbindung entfernt, und dann wissen wir, dass die häutigen Kanäle keine selbstständigen Functionen haben. Auch habe ich sehr häufig bei anderen Operationen Gelegenheit gehabt, mich davon zu überzeugen, dass derartige zusammenhanglose Kanalstücke schon in wenigen Tagen vollständig zu Grunde gehen. Es bildet sich in dem knöchernen Kanal eine ziemlich feste Substanz, in der sich der häutige Kanal gar nicht mehr nachweisen lässt. Der Kanal thrombosirt gewissermassen.

Immerhin wird man ja den Wunsch haben, das Labyrinth wirklich ganz zu entfernen, und wenn es auch weiter keinen Nachtheil mit sich bringt, ein Zurücklassen von Bogenresten vermeiden wollen. In der Praxis erfüllt sich eigentlich dieser Wunsch von selbst, denn mir ist es noch nicht vorgekommen, dass ein Bogen beim Herausziehen durchgerissen wäre. Entscheiden kann aber die Vollständigkeit der Entfernung der Kanäle nur das mikroskopische Präparat, denn es bleiben bei der Operation sowohl von allen knöchernen Kanälen die 3 glatten Enden, von dem Anterior aber auch der ganze Bogen bis zum Bohrloch dicht vor der Ampulle als geschlossene Röhren bestehen, und ein Hineinsehen in diese ist natürlich unmöglich. Wer also auch in Bezug auf die Kanäle sich von der Vollständigkeit der Operation überzeugen will, wird gut thun ein mikroskopisches Präparat anzufertigen, oder wenigstens makroskopisch die herausgezogenen Kanäle unter Wasser zu untersuchen. Unter allen Umständen ist eine möglichst saubere und regelrechte Herausnahme des Labyrinths zu empfehlen. Utricular- und Saccularapparat zusammenhängend zu entfernen, wird bei dem beschriebenen Operationsverfahren nicht leicht gelingen, wohl aber kann man den ganzen Utricularapparat in einem Stück aus der knöchernen Kapsel herausheben. Man erhält dann das in Fig. 33 dargestellte Präparat. Es bezeichnet S die Schnecke, die Bogengänge mit ihren Ampullen liegen in einem Stück zusammen, ce ist das Stück des Canal. extern., welches nach dem Absägen des Kanals aus ihm herausgezogen worden ist (vergl. p. 96).

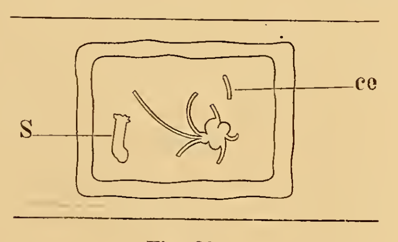


Fig. 33.

Das mikroskopische Präparat, das man von dem herausgenommenen Labyrinth erhält. S Schnecke; ce das abgesägte Stück des Canal. extern.

Ich gehe nun beim Herausziehen des Labyrinths folgendermassen vor. Mit einem kleinen Haken werden zuerst die noch in den Ampullenenden der Kanäle befindlichen Bogengangstücke herausgeholt und über die Ampullen selbst gelegt. Darauf dringe ich mit demselben Haken unter die Ampullen vor und reisse hier die zu ihnen gehenden Nervenäste durch. Die Bestandtheile des ganzen Labyrinths — auf die Schnecke wird vorläufig keine Rücksicht genommen — werden nach der Mitte umgelegt, und man kann dann unter diesen sich bildenden Klumpen herunterfahren und ihn vom Boden lösen. Schliesslich packe ich das Ganze mit einer geraden Scheerenpincette, indem ich mit dieser möglichst weit bis zum Ursprung der glatten Enden der Kanäle vorzudringen suche und ziehe das ganze Organ langsam heraus.

Die Entfernung der Schnecke bietet nun keine Schwierigkeiten mehr. Man ergreift sie mit einer gekrümmten Scheerenpincette und zieht sie ohne Weiteres aus dem langen Schneckenkanal hervor. Ihr Ende wird leicht an der weissen undurchsichtigen Lagena erkannt, übrigens läuft man hier nie Gefahr, einen Rest des Organs zurückzulassen, da das feste, knorpelige Gerüst der Schnecke ein Zerreissen unmöglich macht. Gewöhnlich bemerkt man nach Entfernung der Schnecke eine blutige Verfärbung des langen knöchernen Schneckenkanals. Zu einem wirklichen Bluterguss kommt es indessen nicht, und der geringe Austritt von Blut aus den winzigen durchrissenen Gefässen wird leicht gestillt, wenn man den ganzen Schneckenkanal mit Fliesspapierstreifchen füllt und dieselben nach kurzer Zeit wieder vorsichtig herauszieht.

Wenn das ganze Labyrinth entfernt ist, kann man die Stümpfe der durchtrennten Octavusäste betrachten und untersuchen. An der hinteren (medianen) Wand des Schneckenkanals befindet sich der grösste der Aeste, der Stumpf des

Ramulus cochlearis. Wer ihn zum ersten Male sieht, wird ihn vielleicht nicht sofort als solchen erkennen. Die Nervensubstanz ist sehr weich und der Stumpf macht fast den Eindruck eines Klümpchens Fett. Der Ungeübte mag daher den Stumpf mit dem kleinen Haken hin und her bewegen und kann auch durch ihn hindurch in das Knochenloch tasten, durch welches er in die Ohrhöhle eintritt. Dieselbe Untersuchung mit dem kleinen Haken ist auch bei den übrigen Octavusstümpfen anzuempfehlen. Hier kann freilich noch ein stehen gebliebenes Stückchen vom Rand einer knöchernen Ampulle die directe Ansicht verhindern, aber da lässt sich dann leicht mit dem Excavator nachhelfen.

Hat man auf diese Weise alle Octavusstümpfe gesehen und untersucht, hat man ferner ein vollständiges Präparat von dem Labyrinth angefertigt, so ist die Vollständigkeit der Entfernung über jeden Zweifel erhoben.

Uebrigens ist die ganze Operation nicht so schwierig, wie es nach dieser Beschreibung scheinen möchte. Ich bin so ausführlich gewesen, um auch dem Leser eine Vorstellung von der Exactheit, mit der man hier operiren kann zu geben, dann wünschte ich meinen Nachfolgern die Mühe möglichst zu erleichtern und hoffe durch mein Eingehen in alle Details der Operation nicht abgeschreckt sondern vielmehr zu der Wiederholung dieser lohnenden Versuche aufgemuntert zu haben.

Erwähnen möchte ich noch, was eigentlich selbstverständlich ist, dass man während der Operation sehr oft gezwungen ist den Kopf der Taube in eine andere Lage zu bringen, ja zuweilen das ganze Thier auf dem Tisch, als ob es sich auf einer Drehscheibe befände, herumzudrehen. Beides wird durch den Taubenhalter in einfachster Weise ermöglicht. Auch dürfte es interessiren, wieviel Zeit für eine solche Operation nöthig ist. Anfänglich habe ich einen ganzen Vormittag dazu gebraucht, aber man lernt sehr bald Zeit sparen und namentlich bei den

ungefährlichen Phasen der Operation schnell zu handeln. Jetzt komme ich mit 2 bis 3 Stunden aus.

Zum Schliessen der Hautwunde werden Seide, krumme Nadel und Nadelhalter verwendet. Es genügen 5—6 Nadeln. Die Herausnahme des zweiten Labyrinths geschieht in der gleichen Weise und kann unmittelbar der ersten Operation angeschlossen werden.

Kapitel VI.

A. Die Methoden, die Blutsinus zu entfernen.

Für viele Zwecke, z. B. für die vollständige Durchschneidung eines Gesammtkanals oder für das Präparat der Brücke, ist die Entfernung des Sinus nothwendig. Die einfachste Methode hierfür wird immer die galvanokaustische Verödung bleiben wie sie im vorigen Kapitel ausführlich beschrieben wurde. Man brennt den Sinus vorsichtig an zwei Stellen durch und nimmt das dazwischen liegende Stück mit dem Excavator fort. Wenn man aber bedenkt, dass der häutige Kanal nur wenige Zehntel eines Millimeters von dem durch Hitze zu verödenden Sinus entfernt ist, so wird man begreifen, wie gefährlich diese Methode für den häutigen Kanal und indirekt auch für die Funktion der Ampulle ist. Ich will nicht behaupten, dass man ihn dabei schädigen müsse, aber er kann jedenfalls auch bei grösster Vorsicht unter der Hitze leiden. Der folgende Versuch stellt diese Möglichkeit ausser Frage.

Versuch 27 —— Eine normale Taube wird in horizontale Rotation versetzt und dabei genau in Bezug auf die Stärke ihres Augennystagmus untersucht. Nach Freilegung beider Canal. extern. wird diese Prüfung wiederholt und ergiebt genau das gleiche Resultat. Darauf werden beide Sinus externi vorsichtig mit Hilfe der galvanokaustischen Verödung entfernt, ohne natürlich die Kanäle zu eröffnen, und als nun die Augenbewegungen wieder geprüft wurden, ergab sich eine deutliche Abnahme der Reaktionen. ——

In allen Fällen also, in denen es darauf ankommt mit Sicherheit eine Schädigung des Labyrinths auszuschliessen, wird man die galvanokaustische Verödung der Sinus nicht anwenden dürfen.

Es liegt der Gedanke nahe, die erwähnten Uebelstände durch Anwendung von Ligaturen zu vermeiden, und da man in der Tiefe der Wunde und bei der Kleinheit der Verhältnisse Fadenligaturen nicht mit der nöthigen Kraft — es muss ja der knöcherne Kanal des Sinus durchgedrückt werden — anlegen

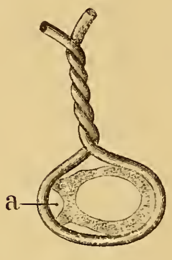


Fig. 34.

Eine Drahtligatur, die den Sinus schliessen soll, aber den Raum a offen lässt. Nach der Natur gezeichnet. Vergr. 15 : 1.

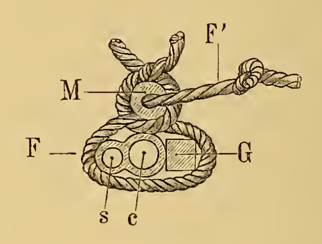


Fig. 35.

Die Anlegung der Fadenligatur. F Seidenfaden; G Gummistück; c Kanal; s Sinus; M Messingcylinder, durch den der Faden F' gezogen ist.

kann, so bleiben die Drathligaturen übrig. Sie haben sich aber leider gar nicht bewährt. Hauptsächlich aus einem Grunde, welcher beim Anblick der Fig. 34 klar zu Tage tritt. Es bleibt nämlich immer ein kleiner Theil a des Sinus uncomprimirt, weil sich die Drahtschlinge nicht in diesen hineinlegen kann. Zieht man diese aber noch stärker an, so zerdrückt man den ganzen Kanal.

Nach sehr vielen unglücklichen Versuchen bin ich zu der folgenden, etwas umständlichen, aber sicher zum Ziele führenden Methode gelangt. An den knöchernen Kanal wird ein Stück

eines 1 mm dicken Gummifadens mit quadratischem Querschnitt G. Fig. 35 angelegt, und dann um den Sinus, den Kanal und das Gummistück ein seidener Faden (chirurgische Seide von 0,35 mm Dm.) geschlungen, der über dem Kanal nur einmal durchzuschlingen ist. Dann legt man auf den Seidenfaden einen kleinen Messingcylinder M von 1,2 mm Dm. und 5 mm Länge und knüpft nun über diesen den Faden zu einem festen, doppelten Knoten zusammen. Um den Messingcylinder unter dem Knoten fortziehen zu können, ist er der Länge nach durchbohrt und durch ihn der Faden F' (mit Knoten an beiden Enden) gezogen. Durch Ziehen an dem letztgenannten Faden wird der Cylinder leicht entfernt und dann bleibt die ringförmige Fadenöse, in der er sich befand, offen stehen. In diese geht man nun mit der Ligatur-Zange (Fig. 36) ein und öffnet dieselbe, indem man ihre Handhaben zusammendrückt. Auf diese Weise kommt die Fadenöse in die Einkerbungen bei a der beiden Zangenspitzen zu liegen und wird mit Gewalt erweitert. Da nun oben der Doppelknoten nicht nachgeben kann, so zieht sich unten die Schlinge um den Kanal herum fest an und comprimirt dabei sowohl den Sinus wie das Gummistück. In Betreff der Compression des Sinus kann man ohne Gefahr noch etwas nachhelfen, indem man den Seidenfaden mit einem stumpfen Instrument in den Sinus hineindrückt.

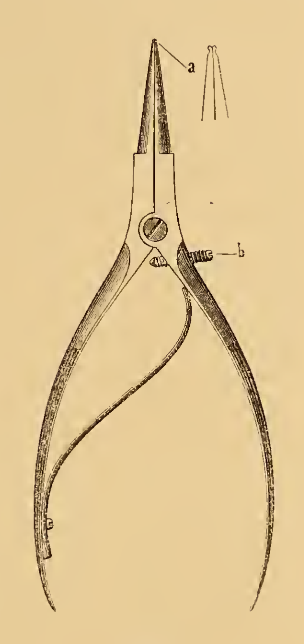


Fig. 36.

Die Ligaturzange. Die Einschnürungen bei a (nebenan in natürlicher Grösse) verhindern das Abrutschen des Ligaturfadens, vor einem übermässigen Spannen desselben schützt die Schraube b. Verkl. 1 : 1,5.

Wollte man jetzt die Zange ohne Weiteres wieder schliessen, so würde sich auch die Ligatur durch die elastische Kraft des Gummistücks wieder aufziehen. Man bringt deshalb auf die Durchschlingung des Fadens mit einem spitzen Pinsel ein wenig eines aetherischen Copallacks, der in wenigen Secunden der Fadenschlinge solche Festigkeit ertheilt, dass man ohne Gefahr die Ligatur-Zange schliessen und fortnehmen kann. Es wird dann mit einer Scheere der obere Knoten und beiderseits der Faden bis dicht an die Ligatur, ebenso der Gummifaden so knapp wie möglich abgeschnitten. Die Ligatur ist dann gelegt — aber noch nicht fertig. Jetzt hält sie noch nicht dicht. Was aber noch zu machen ist, um den dichten Abschluss zu bewirken, das besorgt ganz allein das comprimirte Gummistück. Nach 24 Stunden sind die Knochenkanten (vergl. Fig. 34) unter dem Faden geschmolzen, der kleine Raum a ist vollständig ausgefüllt, das Blut im Sinus geronnen, und man kann die Ligatur wieder entfernen.

Versuch 28 — Einer Taube, welche wie bei dem vorigen Versuche vor der Operation genau geprüft war, werden die beiden Sinus externi durch je 2 Ligaturen unterbunden. Am nächsten Tage wird beiderseits der Sinus zwischen den Ligaturen mit dem Excavator abgekratzt, worauf dann auch die Ligaturen entfernt werden. An dem Thier ist keinerlei Störung zu beobachten.

B. Die Durchschneidung der Bogengänge. (Plombirungsmethode.)

Bei den Durchschneidungen der Bogengänge hat sich die Plombirungsmethode ausgezeichnet bewährt. Sie gestattet die gewünschte Operation in wahrhaft einwandsfreier Weise auszuführen: sie gestattet den Bogengang zu durchtrennen, ohne sonst irgendwie das Organ zu schädigen oder zu verändern.

Eine Durchtrennung kommt aber bei dem knöchernen Bogengang auf die Resektion eines sehr schmalen Stückes hinaus, und da wir dies ausfallende Stück, wenn wir wollen, auch möglichst gross, d. h. so lang wie der ganze Bogengang machen können, so ergiebt sich sofort auch die Verwendbarkeit der Plombirungsmethode zur Resektion der Bogengänge ihrer ganzen Länge nach.

Durchschneidungen der Bogengänge hat man zuweilen in der Weise ausgeführt, dass man einfach mit einer Scheere sowohl den knöchernen und den häutigen Bogengang als auch den Sinus durchschnitt. Diese rohe Methode ist natürlich ganz zu verwerfen, denn schon die dabei unvermeidliche Blutung genügt, um den Erfolg der Operation auf die verschiedensten Ursachen zurückführen zu können. Das Blut durchsetzt nicht nur die Luftzellen des ganzen Schädels, es dringt auch in den Bogengang selbst ein. Nach einigen Tagen, wo wir nun gerade die massgebenden Untersuchungen über den Erfolg unserer Operation anstellen sollten, da finden wir eine ausgedehnte schmierige Infiltration, die sich mehr weniger über den ganzen Schädel erstreckt. Die angrenzenden Gehirnhäute und das Gehirn selbst befinden sich dabei im Zustande der entzündlichen Reaktion. Warten wir aber lange Zeit ab, und bleibt das Thier am Leben, so sind dann an Stelle des Blutcoagulums die Luftzellen mit fettigen Massen infiltrirt, und wie weit diese selbst oder die nun allerdings abgelaufenen Entzündungsprozesse das Thier für die Dauer geschädigt haben, ist schwer zu sagen.

Darüber ist man sich heute wohl allgemein klar geworden, dass man bei den Durchschneidungen der Bogengänge die Sinus schonen muss. Und da giebt es nun zwei Verfahren, die beide ohne Blutung zum Ziele führen.

Man macht neben dem Sinus — wir sprechen hier zunächst immer von dem leicht zugänglichen Canal. extern. — ein kleines Loch in den knöchernen Kanal und kann nun entweder aus

diesem den häutigen Kanal mit einem kleinen Haken herausziehen und ausserhalb des knöchernen Kanals durchschneiden, oder man geht mit einer sehr spitzen Scheere durch das betreffende Loch in den knöchernen Kanal ein und versucht hier in loco den häutigen Kanal zu durchtrennen. Die erstere Methode hat den Nachtheil, dass der häutige Kanal nicht unbedeutend gezerrt wird, wenn man ihn aus dem knöchernen Kanal so weit herauszieht als nöthig ist, um mit der Scheerenspitze unter ihn gelangen zu können, bietet dabei aber den grossen Vortheil der absoluten Sicherheit des Erfolges. Dagegen kann die zweite Methode ohne Zerrung des Kanals ausgeführt werden, bietet aber gewisse technische Schwierigkeiten, wodurch der Erfolg unsicher wird. Es ist durchaus nicht einfach und leicht mit den Scheerenspitzen, selbst mit den allerfeinsten durch die kleine Oeffnung im knöchernen Kanal einzugehen und den häutigen Kanal zwischen die Branchen zu bekommen und zu durchtrennen. Der häutige Kanal weicht vor den Scheerenspitzen aus und liegt zudem noch ungünstiger Weise unter dem Sinus, also unter dem Theil des Kanals, den man bei Bohrung des Loches geschont hat. Läge der häutige Kanal gerade unterhalb des Bohrloches, so wäre er viel leichter mit der Scheere zu fassen. Kommt es nun nicht darauf an eventuell auch etwas an dem Kanal zu zerren, so kann man sich durch Eingehen mit einem kleinen Haken darüber Sicherheit verschaffen, ob der Kanal auch wirklich ganz durchtrennt wurde. War er aber dann nicht oder nicht ganz durchschnitten, so wird bei Gelegenheit dieser Probe die Zerrung doch noch eintreten, die durch dies umständlichere Verfahren vermieden werden sollte. Ich habe daher bei früheren Untersuchungen[1]), bei denen ich auf jeden Fall jedwede Zerrung bei der Durchschneidung des Canal. extern. vermeiden wollte ein besonderes Ver-

[1]) Zur Physiologie der Bogengänge. Pflüger, Arch. Bd. 41 1887.

fahren angewandt, das ohne Zerrung eine genügende Sicherheit des Erfolges bot, so dass thatsächlich der Kanal stets ganz durchtrennt wurde. Ich brauche hier auf die Beschreibung dieses Verfahrens nicht einzugehen, denn wenn dasselbe auch für meine damaligen rein vergleichend physiologischen Untersuchungen sehr geeignet war, so haftet ihm doch gleich den übrigen bisher erwähnten Durchschneidungs-Methoden eine grosse Fehlerquelle an, die ein genaues Studium der Funktionen der eigentlichen Kanäle nicht zuzulassen scheint. Das ist nämlich der Austritt der Bogenflüssigkeiten. Die Perilymphe läuft in die Luftzellen des Schädelknochens, zersetzt sich und erregt Entzündungen. Die Endolymphe läuft in die Perilymphe und verändert auf diese Weise die Druckverhältnisse des gesammten Labyrinths. Es kann daher nur die Plombirungsmethode, die weder ein Austreten von Bogenflüssigkeit noch eine Kommunikation zwischen häutigem und knöchernem Kanal herbeiführt, zu guten Resultaten führen.

Auch andere Autoren haben ganz gelegentlich versucht den geöffneten knöchernen Bogengang wieder zu verschliessen, aber weder haben sie zu gleicher Zeit auch den häutigen Kanal verschlossen, was doch von grösster Wichtigkeit ist, noch haben sie einen wirklich hermetischen und dauernden Verschluss erreicht.

Je nachdem man den Kanal wirklich durchtrennen will oder nur einen absperrenden Verschluss in ihm herzustellen wünscht, kommen zwei etwas verschiedene im Wesentlichen aber auf dasselbe hinauskommende Methoden zu Verwendung. Offenbar muss ja ein absperrender Verschluss functionell ebenso wirken wie eine wirkliche Durchschneidung, man wird aber doch gut thun, namentlich wenn man die Methode noch nicht ganz sicher beherrscht, die umständlichere aber dafür, was die Erreichung des Zwecks betrifft, leicht übersehbare Durchtrennung der Kanäle in allen entscheidenden Fällen der einfachen Plombirung vorzuziehen.

a) Die Plombirung der Kanäle mit nachfolgender Durchschneidung.

Der Hautschnitt wird, wie oben (p. 101) angegeben, ausgeführt, nur beiderseits etwas kürzer. Die Muskeln werden ebenfalls etwas weniger ausgiebig zur Seite geschoben als oben beschrieben wurde. Es kommt hier ja nur darauf an, den Canal. extern. frei zu legen. Die Schädeldecke über dem Kanal und nicht zu kleine Partien derselben zu seinen beiden Seiten werden abgetragen, so dass ein im Ganzen rundliches Loch in der Schädelwand zu Stande kommt, durch das der Kanal wie ein Durchmesser verläuft. Nach Entfernung der Knochenzellen, auch derjenigen zwischen den Schenkeln des Kanals, liegt derselbe mit seinem Sinus allseitig frei zu Tage, und nun werden zunächst zwei Sinus-Ligaturen (s. oben p. 119) um ihn gelegt. Die eine comprimirt den Sinus an einer Stelle, die nicht weit von dem grossen Kreuz entfernt ist, die zweite in einem Abstand von 2,5—3 mm von der ersten.

Ist die Operation bis hierhin vorgeschritten, so wird nun zunächst das Amalgam für die Plombe bereitet. Ich empfehle Arrington's Gold-Amalgam[1]). Eine ganz kleine Messerspitze von diesem Pulver wird in Fletscher's Reibschaale (Durchm. 3 cm) gebracht. Hierzu werden aus einer Quecksilber-Schleuderflasche 2—3 Kügelchen Quecksilber von der Grösse eines Stecknadelknopfes geschleudert und mit dem Amalgam sorgfältig verrieben. Das Amalgam muss dadurch eine dickbreiige Consistenz erhalten, wozu es häufig nöthig wird noch ein kleines Quecksilberkügelchen nachträglich zu der Masse hinzuzufügen. Man nimmt darauf das Amalgam aus der Schaale heraus und hält es wie eine Prise zwischen Daumen und Zeigefinger. Durch starkes Zusammenpressen der Finger treibt man aus der Masse das

[1]) Die zum Plombiren nöthigen Materialien und Instrumente erhält man von C. Ash und Sons, Berlin W., Jägerstrasse 68.

überschüssige Quecksilber aus und schleudert dies durch eine schnelle Handbewegung fort. Auf diese Weise entsteht ein flacher Amalgam-Kuchen, der auf ein reines Stück Papier gelegt und, wie es die Fig. 39 zeigt, erst in Streifen, dann in kleine Würfel mit einem scharfen Messer geschnitten wird. Die Consistenz des Amalgam-Kuchens soll derartig sein, dass er beim Zerschneiden zwar nicht bröckelt, aber dass anderseits auch die einzelnen abgeschnittenen Stücke nicht bei Berührung ineinander fliessen. Die Consistenz ist gut, wenn die Oberfläche des Amalgams nicht flüssig sondern matt glänzend aussieht. Es genügt dann beim Plombiren ein geringer Druck, um die einzelnen Stücke aneinander zu schweissen. Bei der Herstellung des



Fig. 37.

Der Metallbohrer zum ersten Anbohren der Kanäle. Vergr. 12:1.



Fig. 38.

Die Fräse zum Erweitern der in den Kanal gebohrten Löcher. Vergr. 10:1.

Amalgams ist darauf zu achten, dass man dasselbe nur mit ganz sauberen Dingen in Berührung bringt. Von anderen Plomben haben sich weder die Cement-Plomben noch die Guttapercha-Plomben bewährt. Vielleicht bietet Lippold's Kupfer-Almagam gewisse Vortheile vor den Gold-Plomben, doch sind meine Erfahrungen hierüber noch nicht genügend lang, um eine Entscheidung treffen zu können.

Gerade in der Mitte zwischen den beiden bereits angegebenen Ligaturen wird ein Loch in den knöchernen Kanal gemacht aber ohne den Sinus zu berühren. Auch bleibt der häutige Kanal dabei ganz intact. Man macht zunächst mit dem in Fig. 37 dargestellten Metallbohrer, der nur 0,7 mm Durchmesser hat, ein kleines Loch, hört aber auf zu bohren, sobald nur die

Spitze des Bohrers durch den Knochen gedrungen ist. Das Hervorquellen von Perilymphe bezeichnet diesen Moment. Dann wird dies kleine Löchelchen mit der in Fig. 38 abgebildeten Fräse erweitert. Man benutzt die Fräse in gleicher Weise wie den Bohrer, indem man sie langsam zwischen den Fingern hin- und herdreht.

Nun kommt es darauf an, die Perilymphe fortzuschaffen. Mit kleinen Fliesspapierstückchen[1]) saugt man sie auf, aber eine zeitlang sammelt sie sich immer schnell von Neuem an, und man muss etwas geduldig sein. Nach einiger Zeit wird indess immer das Nachströmen nach dem Fortsaugen so langsam, dass man deutlich die Luft beiderseits in dem durchschimmernden Kanal erkennt und kann nun flink einen Amalgamwürfel (Fig. 39) in das Loch mit dem Stopfer (Fig. 40) stopfen. Dem ersten folgt ein zweiter, dem zweiten ein dritter und so fort, aber nie vergesse man vor jedem Einbringen eines neuen Würfels das im Loch befindliche Amalgam immer wieder mit Fliesspapier zu berühren bis letzteres nicht mehr nass wird. Ist auf diese Weise das Loch zunächst gefüllt, wozu je nach der Grösse des Loches etwa 3—6 Amalgamwürfel nöthig sind, so geht man mit dem dünnen Glätter (Fig. 41) in das Loch ein und drückt das Amalgam nach beiden Seiten. Auf diese Weise bildet sich vor und hinter dem



Fig. 39.

Die Herstellung der kleinen Amalgamwürfel. Natürl. Grösse.



Fig. 40.

Der Stopfer, mit dem die Amalgamwürfel in den Kanal gebracht werden. Neben dem Ende des Instruments ist ein Abdruck von ihm angegeben. Natürl. Grösse.

1) Vergl. p. 73.

Loch in dem knöchernen Kanal ein Wall und gerade unter dem Loche eine Grube. Diese wird nun mit Fliesspapier getrocknet und wieder mit einem oder zwei Amalgamwürfeln gefüllt. Jetzt drückt man nochmals mit dem Glätter das Amalgam zur Seite und füllt das Loch wieder auf. Gewöhnlich ist dann schon der Kanal rechts und links dicht verschlossen, sollte aber dennoch Perilymphe austreten, so kann man die Procedur noch ein oder zweimal wiederholen. Man sieht deutlich durch die dünne Wand des knöchernen Kanals wie sich bei jedem Eindrücken des Glätters die Plombe nach beiden Seiten in den Kanal weiterschiebt, und es soll dieselbe etwa 1 mm jederseits über das Loch hinausreichen. Bleibt ein Fliesspapierstückchen ganz trocken, wenn man es auf die Plombe drückt, so ist dies ein Zeichen, dass sie gut schliesst.



Fig. 41.

Die Glätter, mit denen die Plombe im Kanal festgedrückt und geglättet wird. Natürl. Grösse.

Dann wird die Plombe mit dem dicken Glätter, der zu dick ist, um in das Loch eindringen zu können, geglättet und durch leises Aufschlagen gedichtet. Durch den Druck des Glätters gegen die Ränder des Loches soll auch das überflüssige Amalgam abgedrückt und bei Seite geschoben werden. Man nimmt diese kleinen Massen mit der Pincette fort und hat dann den reinen Kanal mit der spiegelglatten etwas concaven Plombe vor Augen, wie ihn die Fig. 42 zeigt. In Fig. 43 ist die Plombe im Querschnitt, in Fig. 44 im Längsschnitt abgebildet.

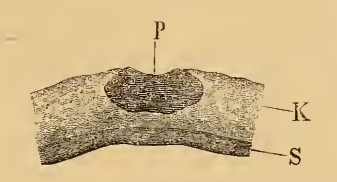


Fig. 42.

Eine fertige Plombe. K der knöcherne Kanal; S der Sinus; P die Plombe. Nach der Natur gezeichnet. Vergr. 12 : 1.

Hiermit ist die Operation vorläufig beendet. Auf den häutigen Kanal hat man dabei gar nicht geachtet. Er wird durch die Plombe gegen die Wand des knöchernen Kanals gedrückt oder allseitig von Amalgam umgeben, und jedenfalls völlig comprimirt. Man muss nun zunächst warten bis die Plombe erstarrt ist, zu welchem Zweck man die Hautwunde durch einige Heftpflasterstreifen schliesst und das Thier sich selbst überlässt.

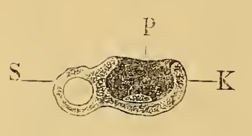


Fig. 43.

Querschliff durch eine Plombe. K knöcherner Kanal; S Sinus; P Plombe, unter der man den comprimirten häutigen Kanal bemerkt. Nach der Natur gezeichnet. Vergr. 15 : 1.

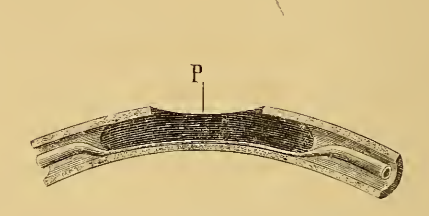


Fig. 44.

Schematischer Längsschnitt durch eine Plombe P.

Nach 24 Stunden öffnet man die Wunde wieder, und da weder Bogenflüssigkeit noch Blut in sie hineingeflossen ist, so hat der Knochen überall noch dasselbe klare und reinliche Aussehen wie am vorigen Tage. Der Sinus sieht schwarz aus, eine Probepunktion zwischen den beiden Ligaturen lehrt, dass das Blut in ihm geronnen ist. Es wird ein Stück von ihm zwischen den Ligaturen mit dem Excavator (Fig. 21) entfernt, wobei man sich etwas in Acht nimmt nicht zu stark an ihm zu zerren. Am besten grenzt man zuerst das fortzunehmende Stück durch zwei Schnitte ab, die man etwa $^1/_2$ mm von den Ligaturen entfernt mit dem Stichmesser (Fig. 23) macht, und kratzt dann erst das dazwischen befindliche Stück des Sinus vom Bogengang herunter. Zur eigentlichen Durchschneidung des nun plombirten

und von seinem Sinus befreiten Bogenganges bedient man sich der Säge (Fig. 32) und sägt einfach die Plombe mitten durch. Hierbei kommt alles darauf an, dass man sich Zeit lasse und niemals starken Druck anwende. Die Säge soll auch hier ganz leicht hin und her geführt werden, dann bleibt sie nie stecken (vergl. p. 109). Passirt dies doch häufig und hat man Schwierigkeiten die Säge in der Richtung gegen die Zähne zu bewegen, so ist dies ein Zeichen dafür, dass ihre Zähne zu lang sind. Ein Fehler, der, wie bereits oben bemerkt, leicht durch Abschleifen beseitigt werden kann. Die durchschnittene Plombe hat das Ansehen der Fig. 45.



Fig. 45.

Die durchsägte Plombe. Nach der Natur gezeichnet. Vergr. 15 : 1.

War die Plombe gut eingesetzt, so tritt weder beim Durchsägen noch nachher irgend eine Spur Bogenflüssigkeit aus. Die Operation ist dann gelungen, und es bleibt nur noch übrig, die Ligaturen zu entfernen und die Wunde durch einige Nähte wieder zu schliessen.

Diese Durchschneidungsmethode scheint mir ganz einwandsfrei zu sein. Dass die Abtragung eines Stückes des Sinus ganz irrelevant ist, wurde bereits oben p. 120 bewiesen. Am Canal. post. kann man übrigens die Plombe auch in das sinusfreie Stück zwischen dem grossen Kreuz und der Ampulle, bevor sich der Sinus anterior an diesen Kanal anlegt, einsetzen und sich davon überzeugen, dass hier die Durchschneidung ohne Verletzung eines Sinus nicht anders wirkt wie an einer näher der Ampulle gelegenen Stelle mit Fortnahme eines Stückes des Sinus ant. Am Canal. ant., der ja nur von einer Seite freigelegt werden kann, lässt sich freilich die Operation in dieser Weise nicht ausführen, weil man weder seinen Sinus unterbinden noch den Kanal durchsägen kann. Hier findet daher ausschliesslich das

unten anzugebende vereinfachte Verfahren seine Anwendung, welches genau denselben Zweck erreicht.

Versuch 29 —— Einer Taube wird nach der eben beschriebenen Methode der Canal. extern. einer Seite plombirt und am nächsten Tage durchschnitten. Unmittelbar nach der Operation fliegt sie zu ihrem auf dem Dache des Instituts befindlichen Schlag zurück. Beim Stehen, Gehen oder Fliegen ist keine Spur einer Störung zu beobachten. Sie dreht weder nach rechts noch nach links, sie knickt nicht mit dem rechten Fusse ein und wackelt nicht mit dem Kopf. An den Füssen aufgehängt, kann sie sich aufrichten und in die Höhe fliegen. Schlägt sie hängend mit den Flügeln, so sind rechts und links beide Schläge gleich stark, und es tritt daher keine Drehung um die Längsachse ein. So würden wir also gar keine Störung constatiren können, wenn sich nicht bei der Rotation eine freilich auch nur geringe Abnormität zeigte. Beobachtet man nämlich das Thier im hängenden Käfig oder besser unter dem getheilten Kreise des Cyclostaten (vergl. Kap. VII), so gewahrt man eine Differenz in der Reaction auf Rechts- und Linksdrehung, welche später ausführlich behandelt werden wird. Diese unbedeutende Abweichung von dem normalen Verhalten kann wochenlang andauern, gewöhnlich nimmt sie aber schon früher mehr und mehr an Deutlichkeit ab. Nach Monaten kann man nie mehr einen Unterschied zwischen Rechts- und Linksdrehung wahrnehmen. Das Thier ist wieder völlig normal in seinem Verhalten geworden. ——

Wird eine solche Taube nach einigen Monaten getödtet, so ergiebt die Section einen interessanten Befund. Die beiden Plombenhälften, zwischen denen der Sägenschnitt hindurchgegangen ist, sind zwar ringsum von Knochenmasse eingeschlossen, befinden sich aber nicht mehr in einem Kanal. Sie sind gewissermassen abgekapselt worden. Nach ihrer Entfernung be-

merkt man die übrig gebliebenen Stümpfe des knöchernen Kanals und überzeugt sich mit Leichtigkeit davon, dass dieselben durch eine feste Knochenplatte, wie durch einen Deckel völlig dicht verschlossen sind. Die Kanalstümpfe verjüngen sich dabei nicht, sie sind vielmehr wie abgeschnitten, und die neugebildete Knochenplatte gleicht vollkommen dem Boden eines cylindrischen Gefässes. Die Perilymphe war also auf diese Weise beiderseits an einem Austreten aus dem Kanal verhindert, und es ist allmählig durch Umbildung dasselbe eingetreten, was bei der Operation durch die Plombe erreicht worden war. Aber wie verhält es sich dabei mit dem häutigen Kanal? Um hierüber Aufklärung zu bekommen, macht man nicht weit von den Enden in beide Stümpfe Löcher, zieht aus jedem derselben den häutigen Kanal heraus und macht davon mikroskopische Präparate. Beide Stücke haben bis zum äussersten Ende ein völlig normales Aussehen und sind in sehr eleganter Weise blindsackförmig geschlossen. d. h. die Wände jedes Kanalendes sind ohne irgend eine Verdickung oder Verwachsung zu zeigen in wohlgerundeter Form in einander übergegangen.

Die Plombe bewirkt also für alle Zeit eine ganz ideale Durchtrennung des knöchernen und des häutigen Kanals.

b) Die einfache Plombirung der Kanäle.

Hat man erst mit Hilfe der vorigen Methode das Verhalten der Tauben nach der Durchschneidung eines Kanals kennen gelernt, so überzeugt man sich leicht davon, dass man auch in einfacherer Weise denselben Zweck erreichen kann. Durch die Plombe wird der häutige Kanal comprimirt, der knöcherne völlig verstopft, beide also an dieser Stelle unwegsam gemacht. Es ist nun einleuchtend, dass es dann gleichgiltig sein muss, ob die Plombe noch ausserdem durchschnitten wird oder nicht. Man kann also das Durchsägen sparen und dann auch die Unterbindungen und die Entfernung des Sinus.

Diese vereinfachte Methode ist um so zweckmässiger als sie sich gleichmässig an allen 3 Kanälen also auch am Canal. ant. ausführen lässt. Nur möchte ich sehr befürworten, dass man erst die komplicirtere Methode sicher beherrscht, ehe man zu dem vereinfachten Verfahren übergeht. Denn bei diesem fehlt ganz die operative Kontrolle für den sicheren Verschluss des häutigen und knöchernen Kanals, und man sollte es daher erst anwenden, wenn man sich durch zahlreiche Durchsägungen von Plomben von der sicheren Beherrschung der Plombirmethode überzeugt hat.

Kapitel VII.

Der Drehschwindel.

Man fasst unter dem Namen Drehschwindel eine Gruppe von Erscheinungen zusammen, welche einzeln betrachtet sehr verschiedene Formen annehmen aber sämmtlich das Gemeinsame haben, dass es Bewegungen sind, die in Folge von Rotation des Thieres auftreten und die nicht rein mechanisch durch die Kreisbewegung bedingt sind. In Folge der auftretenden Centrifugalkraft ebenso wie durch das Beharrungsvermögen einzelner Körpertheile werden stets bei der Rotation gewisse Bewegungen des Thieres ausgelöst. Sie haben aber nur den Zweck, das Gleichgewicht des Körpers wieder herzustellen oder sie sind auch ganz passiver Natur und zwecklos. So neigt sich z. B. eine Taube, welche excentrisch auf einer Drehscheibe steht, zur Rotationsachse hin, um nicht nach aussen zu fallen. So verändert auch der Schwanz eines Hundes bei der Rotation seine Stellung. Solche Bewegungen gehören aber nicht zum Drehschwindel. Hierhin gehören vielmehr jene komplicirten Erscheinungen, welche am Menschen hauptsächlich von Purkinje und Mach so sorgfältig untersucht worden sind. Es sind nicht nur besondere physiologische Bewegungen, welche während und nach der Rotation entstehen, sondern dieselben sind auch von besonderen Empfindungen begleitet. Man ist sich aber nie darüber klar geworden, welche Abhängigkeit zwischen beiden besteht. Man hat ohne Weiteres als selbstverständlich angenommen, dass die

abnorme Bewegung eine Folge einer abnormen Empfindung sei, gewissermassen ihren sichtbaren Ausdruck darstellt. Es liegt aber, wie ich glaube, ein so einfaches Verhältniss nicht vor, und man wird jedenfalls gut thun, vorerst die auch an Thieren zu beobachtenden Bewegungen zu studiren, ehe man in die Analyse der Empfindungen noch genauer als es bisher schon geschehen ist, einzudringen sucht. An Thieren liegen bisher wenig ausführliche Studien vor. Merkwürdigerweise, denn gerade bei den Vögeln zum Beispiel, sind die Erscheinungen ausserordentlich deutlich und einfach zu erzeugen.

Für uns ist zunächst die Frage von Wichtigkeit, ob der Drehschwindel vom Endapparat des Oktavus ausgelöst wird, und wir beginnen deshalb mit dem Studium der einfachsten Erscheinungen des Drehschwindels bei den Tauben.

Am bequemsten geschieht die Beobachtung der rotirenden Tauben im „hängenden Käfig". Er hat neben dem Vortheil der grossen Einfachheit besonders den der Geräuschlosigkeit, er ist aber auch frei von Erschütterungen und gestattet ganz allmählig von einer Drehungsrichtung in die entgegengesetzte überzugehen, indem man einfach abwartet bis sich der Faden wieder von selbst zurückdreht. Ein Käfig der so gross ist, dass sich eine Taube bequem darin bewegen kann — der von mir benutzte ist 22 cm auf 30 cm — hängt an einem Bindfaden von der Decke herab. Mitten auf dem Käfig befindet sich ein Ring, der in einen Haken am Ende der von der Decke herabhängenden Schnur eingehängt wird. Es dient dieser Ring zu gleicher Zeit auch dazu, den Käfig in Rotation zu versetzen, indem man ihn einfach mit Daumen und Zeigefinger herumdreht. Ist die Zimmerhöhe nicht gar zu unbedeutend, so kann man den Käfig länger als es jemals nöthig wäre in derselben Richtung rotiren lassen, ohne dass sich der Bindfaden übermässig auf- oder zudreht. Der Boden des Käfigs ist nur 1 Meter vom Zimmerboden entfernt, man kann also sehr bequem die in ihm

befindliche Taube beobachten und um so besser als er möglichst wenig feste Wand hat. Es ist dies ein Erforderniss, dessen Zweck erst später verständlich werden wird. Man wähle also einen Käfig mit recht dünnen und möglichst weit von einander entfernten Stäben, dessen Thür auch nur aus Stäben besteht. Die Futterkästen mögen auch entfernt werden.

Wenn man nun eine normale Taube in den hängenden Käfig bringt und dann rotiren lässt, so dreht sie den Kopf nach der andern, d. h. nach der der Rotationsrichtung entgegengesetzten Seite und führt mit ihm auf dieser Körperseite pendelnde horizontale Bewegungen aus: Beschreiben wir diese bekannte Erscheinung etwas genauer. Die erste Bewegung, welche wir beobachten, kommt dadurch zu Stande, dass der Kopf das Bestreben hat, seine Lage im Raume festzuhalten. Er bleibt stehen, während sich gewissermassen der übrige Körper unter ihm fortdreht. Auf diese Weise macht er natürlich relativ zum Körper, den wir uns dann als feststehend denken, eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne der Drehung. Wir nennen diese Bewegung die **Reactionsbewegung.** Sie scheint nur dadurch ein Ende zu erreichen, dass die Drehung des Halses sensible Reize hervorruft, die das Thier dazu veranlassen, den Kopf wieder zurückzudrehen. Es ist daher auch die Stellung des Kopfes, bei der

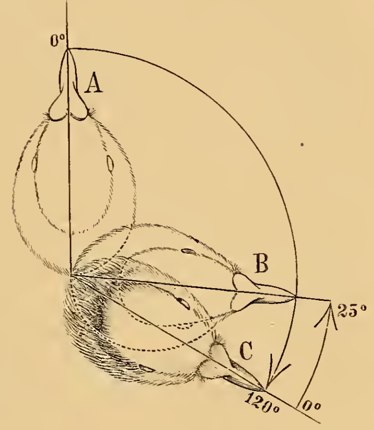


Fig. 46.

Kopf einer linksherum rotirenden Taube von oben gesehen. Die Normalstellung des Kopfes ist bei A. Während der Rotation pendelt der Kopf zwischen den Stellungen bei B und C, es beträgt somit der Reactionsendwinkel 120° und die Nystagmusphase 25°.

die Rückdrehung erfolgt, bei den verschiedenen Vogelarten, bei den verchiedenen Individuen einer Art und je nach besonderen Umständen sehr wechselnd. Aber dieser Umkehrungspunkt interessirt uns, und wir bestimmen ihn durch den **Reactionsendwinkel.** Wir rechnen dabei von der Normalstellung des Kopfes, also von der Medianlinie aus, die wir mit 0° bezeichnen. Die Figur 46 zeigt den Kopf einer nach links rotirenden Taube von oben. Die Reactionsbewegung geschieht nach rechts und der Reactionsendwinkel beträgt in diesem Fall 120°.

Die sich an die Reactionsbewegung anschliessende und entgegengesetzt gerichtete Bewegung heisst die **Nystagmusphase.** Sie ist gewöhnlich viel kleiner als die Reactionsbewegung und wird von dem Ende des Reactionsendwinkels aus berechnet. Für sie ist also 0°, wo die Reactionsbewegung aufhört, und in unserer Figur beträgt sie 25°. Hat nun die Nystagmusbewegung ein Ende erreicht, so kehrt die Bewegung wieder um, und eine neue Reactionsbewegung beginnt, welche die **Reactionsphase** heisst und nun nicht mehr bei 0° sondern bei 95° anfängt, aber wieder 120° erreicht. Innerhalb dieses Winkels von 25° pendelt also der Kopf hin und her, und diese Pendelbewegungen nennt man nach Breuer's Vorgang **Kopfnystagmus.** Wir lösen also den Nystagmus in die beiden ihn zusammensetzenden Bestandtheile auf, indem wir von der Reactionsphase und der Nystagmusphase sprechen, wobei man darauf achten muss, dass nur ein Theil der durch den Reactionsendwinkel bestimmten Reactionsbewegung als Reactionsphase am Nystagmus theilnimmt.

Es ist diese Art der Bezeichnung nach meinen Erfahrungen die bequemste. Man braucht keine Subtraction auszuführen, um die Ausdehnung des Nystagmus auszudrücken und erfährt sofort durch die Angabe des Reactionsendwinkels, bei welcher Kopfstellung der betreffende Nystagmus ausgeführt wird. Wir

wenden deshalb dieselben Bezeichnungen auch für den Augen-Nystagmus an.

Ausser in der Richtung unterscheiden sich unter normalen Verhältnissen Reactions- und Nystagmusphase auch in der Schnelligkeit. Letztere ist immer bedeutend schneller und erscheint daher ruckartig schlagend. Ein „nach rechts schlagender Nystagmus“ ist also ein solcher, wie er bei Rotation nach rechts beobachtet wird und heisst einfach Rechts-Nystagmus.

Um die Bewegungen des Kopfes bei der Rotation zu registriren, ist nur nöthig, an den Kopf des Thieres oder noch besser am Oberschnabel einen Schreibhebel zu befestigen und ein Kymographion mit horizontal gelegter Trommel zugleich mit der Taube rotiren zu lassen. Ich habe gewöhnlich auch mich selbst auf eine grosse Drehscheibe gesetzt und die Taube dann in der Hand gehalten. Sonst fesselt man die Taube — aber natürlich in keiner Weise den Kopf — im Taubenhalter und stellt ihn und das Kymographion auf eine kleinere Drehscheibe. Ist hierfür keine ausreichende vorhanden, so genügt auch ein Brett, das man mit seinen 4 Ecken an einer von der Decke herabhängenden Schnur befestigt.

Ich muss nun noch zwei Arten den Drehschwindel zu beobachten erwähnen. Die erste ist die ungenauste aber bei weitem bequemste Methode und besteht einfach darin, dass man die Taube mit beiden Händen vor sich hinhält[1]) und sich selbst im Kreise herumdreht. Bei dieser „Rotation in freier Hand“ kann man den Kopf der Taube sehr gut beobachten, da man sich ja selbst in gleicher Weise dreht, aber man wird leicht durch den eigenen Schwindel gestört.

---

1) Beim Halten der Tauben kommt es wie beim Einwickeln und Befestigen im Taubenhalter darauf an, dass man die Beine nach hinten an den Leib legt. Die Hände umfassen dann die an den Körper gelegten Flügel und Beine zu gleicher Zeit.

Die zweite Beobachtungsmethode ist die genauste und geschieht unter dem Cyclostat[1]). Die Taube wird auf die rotirende Scheibe des Apparats gestellt, und über sie wird ein Drahtcylinder gesetzt, dessen Decke aus einer Glasscheibe besteht. Nun kann man leicht auf die Glasscheibe eine Gradtheilung derart excentrisch aufzeichnen, dass sich der Drehpunkt des Kopfes der Taube etwa unter dem Mittelpunkt dieser Theilung befindet. Auch wird die Ablesung erleichtert, wenn man am Kopf oder Oberschnabel des Thieres einen leichten Zeiger befestigt. Da bei dem Beobachten durch den Cyclostaten die Rotationsbewegung der Taube völlig aufgehoben wird und das Thier daher stets an demselben Orte erscheint, so lassen sich auf diese Weise die Kopfbewegungen und die Umkehrpunkte ausgezeichnet genau verfolgen.

Versuch 30 Eine normale Taube wird unter dem Cyclostaten und unter der Glastheilung beobachtet. Bei langsamer Rotation nach rechts oder links beträgt der Reactionsendwinkel 130° und die Nystagmusphase 29°. So lange auch die Rotation andauert, immer bleibt der Nystagmus in gleicher Weise bestehen. Wir halten nun den Apparat plötzlich an, und sofort wird auch der Kopf der Taube wieder völlig normal und

[1]) Cyclostaten sind von E. Mach (Beiträge zur Analyse der Empfindungen 1886) und M. Thury (Le cyclostat, nouvel instrument d'optique etc. Arch. des sciences physiques et naturelles. Févr. 1886) mit Hilfe eines Prismas construirt worden. Für die obigen Versuche genügen dieselben auch. Ein Prisma kann aber nie die Aufgabe genau lösen, denn die von Mach gegebene Erklärung der Wirkung des Prisma ist nicht allgemein richtig, weil sie nur für die Richtung, nicht auch für die Lage aller austretenden Strahlen zutrifft. Die letzteren erleiden aber eine parallele Verschiebung, welche von der Richtung und der Lage des eintretenden Strahls, von den Dimensionen des Prisma und dem Brechungscoefficienten des Glases abhängig ist. Will man diesen Fehler vermeiden, so muss man, wie ich dies zuerst gethan habe, das Prisma durch 3 Planspiegel ersetzen. Auf dem X. internationalen medicinischen Congress in Berlin hatte ich ein solches Instrument ausgestellt, welches eine 500fache Vergrösserung der rotirenden Objecte zuliess.

ruhig in der Medianlinie gehalten. Zuweilen macht er wohl eine oder die andere geringe Bewegung, aber diese Bewegungen sind völlig willkürlich und unterliegen keinem Zwange und keinem Gesetz. Es ändert sich an diesem Vorgange nichts, wenn wir die Taube schneller und schneller drehen. Der Reactionsendwinkel und die Nystagmusphase werden zwar meist dann kleiner und der Nystagmus etwas schneller, aber immer ist doch mit dem plötzlichen Anhalten auch ein ebenso plötzliches Verschwinden jedes Drehschwindels verbunden. Ueber eine gewisse Rotationsgeschwindigkeit kann man natürlich nicht hinaus, weil sich dann das Thier nicht mehr ruhig auf seinen Beinen halten kann und durch die Centrifugalkraft bald hier- bald dorthin geschleudert wird. Wir beobachten also an diesem Thier, dass bei der Rotation, sie mag beliebig lange andauern und mag so sehr wie möglich beschleunigt werden, stets Nystagmus bestehen bleibt und dass stets mit dem plötzlichen Anhalten der Drehschwindel vollständig erlischt. ———

So verhalten sich nun aber nur die wenigsten Tauben, denn in der Regel verschwindet bei schneller und länger fortgesetzter Rotation der Nystagmus vollständig. Dauer der Rotation und Geschwindigkeit derselben ergänzen sich dabei in gewissem Grade, beide müssen aber über einem bestimmten Minimum liegen. Je schneller man also dreht, desto eher kommt der Nystagmus zum Verschwinden und zwar dadurch, dass der Reactionsendwinkel und zugleich auch die Nystagmusphase allmählig immer kleiner werden, bis beide ganz verschwinden.

Unterbricht man nun plötzlich die Rotation, so entsteht der **Nachschwindel,** d. h. der Kopf pendelt eine Zeit lang erst schneller, dann langsamer hin und her: Nachnystagmus, oder wird einfach nach der anderen Seite gedreht: Nachreaction.

Versuch 31 ——— Eine normale Taube wird unter denselben Bedingungen wie im vorigen Versuch beobachtet. Bei

0,6 Touren in 1 Secunde [1]) bleibt der Nystagmus dauernd bestehen. Bei 0,9 Touren verschwindet er nach längerer Rotation, steigert man von Anfang an die Rotationsgeschwindigkeit, so tritt bei etwa 1,5 Touren Ruhe des Kopfes ein. Wird plötzlich angehalten, während noch Nystagmus besteht, so kommt es niemals zum Nachschwindel, war aber der Kopf bereits zur Ruhe gekommen, so sehen wir nach dem Anhalten 6—8 Kopfbewegungen. Die Reactionsendwinkel — als würde nun die Taube nach der entgegengesetzten Seite gedreht — betragen 35⁰, 33⁰, 20⁰, 12⁰, 3⁰, 2⁰, die dazugehörigen Nystagmusphasen 65⁰, 50⁰, 35⁰ 8⁰, 2⁰, 2⁰. Der Nachnystagmus bewegt sich also durchaus nicht auf der einen Seite des Thieres, sondern pendelt um die Medianlinie. Nur die Mitten der einzelnen Bewegungen liegen sämmtlich auf derselben Seite, nämlich auf derselben, nach welcher ursprünglich das Thier gedreht wurde. Die beiden Phasen des Nachnystagmus sind nicht deutlich in der Schnelligkeit verschieden. —

Aus diesen beiden Versuchen ergiebt sich: **der Nachschwindel wird durch den Nystagmus verhindert, ohne diesen tritt er unfehlbar ein.**

Wir haben somit die wichtigsten Formen des Drehschwindels die Reactionsbewegung, den Nystagmus, die Nachreaction und den Nachnystagmus kennen gelernt und kommen nun auf die Frage zurück, wodurch der Drehschwindel veranlasst wird d. h. zunächst, welche sensiblen Nerven diese Reflexbewegungen auslösen. Doch vorher noch die Frage, sind es denn wirklich Reflexbewegungen im Sinne der alten Schule?

Versuch 32 — Eine Taube ist völlig entgrosshirnt und hat die Operation schon seit vielen Wochen überstanden.

[1]) Sämmtliche Rotationsgeschwindigkeiten werden immer als Tourenzahl in 1 Secunde angegeben, wobei dann die Angabe der Zeiteinheit nicht immer wiederholt wird.

Wir untersuchten sie vorher im normalen Zustande und fanden bei 1,5 Touren 90° Reactionsendwinkel mit 30° Nystagmusphase. Jetzt bietet sie im Wesentlichen die gleichen Erscheinungen des Drehschwindels dar, aber wir finden jetzt nur 60° und 20°. Die Bewegungen sind also nur wenig herabgesetzt.

Daraus geht nun meiner Meinung nach hervor, dass es sich offenbar um Reflexbewegungen handelt. Ihre Herabsetzung könnte bei den Thieren ohne Grosshirn daher rühren, dass eine geringe Hemmung in Folge der Operation vorliegt. Das ist indess bei dem grossen Zeitintervall nach der Operation sehr unwahrscheinlich, und die Vermuthung liegt daher nahe, dass sich zu den eigentlichen Reflexbewegungen bei der normalen Taube noch sogenannte willkürliche d. h. vom Grosshirn ausgehende Impulse hinzugesellen, wodurch jene verstärkt werden.

Der erste, der einen Zusammenhang zwischen dem Labyrinth und dem Drehschwindel festgestellt hat, ist Breuer[1]), der doppelseitig Tauben den ganzen Utricularapparat exstirpirte. Er fand danach keinen Drehschwindel mehr, falls er die Gesichtswahrnehmungen ausschloss. Da die Tauben nach einigen Tagen Kopfverdrehung zeigten, was nie nach symmetrischen Operationen eintreffen darf, so ist zu vermuthen, dass der Utriculus auf der einen Seite nur theilweise entfernt wurde und dass sich der Drehschwindel nach einiger Zeit wieder eingestellt haben würde. Högyes[2]) vermisste den Drehschwindel beim labyrinthlosen Kaninchen. Schrader[3]) entfernte beim Frosch beide Labyrinthe vollständig unter Anwendung einer ausgezeichneten Methode. Er sah danach jede Reaction auf der Drehscheibe verschwinden. Diese Angabe ist indess nicht ganz genau. Sie wird es erst, wenn man dafür

---

1) Breuer, J., Beiträge zur Lehre vom statischen Sinne u. s. w. p. 97.

2) Högyes, A., Ueber die wahren Ursachen etc. p. 566.

3) Schrader, M., Zur Physiologie des Froschgehirns. p. 88.

sorgt, dass bei der Rotation keine Verschiebung des Netzhautbildes stattfindet. Kann nämlich die Rotation direct auf das Auge wirken, so macht nicht nur dieses sondern auch noch der Kopf — gewissermassen dem Auge zu Liebe — nystagmusähnliche Bewegungen. Diese hängen dann freilich nicht direct von der Rotation des Frosches ab, da man sie auch dadurch erzeugen kann, dass man um den stillsitzenden Frosch einen hohlen Cylinder mit abwechselnd hellen und dunkeln Streifen rotiren lässt.

Was nun zunächst die Uebertragung des Versuches vom Frosch auf die Taube anbetrifft, so hatte dieselbe keine Schwierigkeit, nachdem einmal die oben beschriebene Methode, das gesammte innere Ohr mit Sicherheit zu entfernen, gefunden war.

Versuch 33 —— Einer Taube, welche normal auf Rotation reagirt, wird beiderseits das ganze Labyrinth entfernt, die Augen aber bleiben unberührt. Sie zeigt nach der Operation auf der Drehscheibe Augenbewegungen, die einem ganz schwachen Augen-Nystagmus ähneln. Auch der Kopf macht wohl bei plötzlichem Anfang der Rotation eine Bewegung im Sinne der Reactionsbewegung, aber dieselbe ist offenbar rein mechanisch durch die Trägheit der Masse des Kopfes entstanden. Denn der Kopf bleibt nicht in dieser Lage, sondern bewegt sich frei und regellos, bald hier bald dorthin. Zuweilen wird er auch ganz ruhig gehalten. Hemmt man plötzlich die Rotation, so ist kein Nachschwindel zu bemerken. Darauf wird die Bewegung des Netzhautbildes in derselben Weise wie unten (Versuch 34) ausgeschlossen, und nun fehlt jede Spur eines Drehschwindels oder Nachschwindels. ——

Also auch bei der Taube verschwinden wie beim Frosch die charakteristischen Bewegungen des Drehschwindels, wenn beiderseits das Labyrinth fehlt und keine Verschiebung der Netzhautbilder stattfindet. Nun habe ich aber nachweisen können, dass die gesammte quergestreifte Muskulatur in merkwürdiger

schwer zu definirender Weise geschädigt wird, wenn man das innere Ohr zerstört. Um hier nur an eines zu erinnern, so werden häufig die Flügel nicht sogleich ausgebreitet, wenn solche Thiere von einem Tisch herunterspringen. Möglich also, dass die Muskeln, die zu den Bewegungen beim Drehschwindel nöthig sind, und die jedenfalls durch die Fortnahme des inneren Ohrs eine Störung erleiden, derart in ihrer Function behindert sind, dass sie nun nicht mehr den Reflex ausführen. Dabei kann dann das sensible Organ für den Drehschwindel ganz intact geblieben und also auch ein anderes als der Endapparat des Octavus sein.

Wir können durch Operationen an dem Labyrinth nicht mit Sicherheit seine Beziehungen zu dem Drehschwindel aufdecken, suchen wir daher uns auf andere Weise Klarheit zu verschaffen. Fragen wir, welche sensiblen Nerven denn sonst, wenn es nicht die des Octavus sein sollten, in der Lage wären, den Drehschwindel auszulösen, und suchen wir per exclusionem weiter zu kommen. Da müssen wir zunächst an das Auge denken. Wir wissen bereits, dass nahe Beziehungen zwischen den Kopfbewegungen und den Augenbewegungen bestehen. Vermöge eines eigenthümlichen Reflexes verharren unsere Augen in ihrer Richtung, wenn wir unsern Kopf bewegen. Wenn wir electrische Ströme durch den Kopf von einem Ohr zum andern schicken, so treten zu gleicher Zeit in ihrer Art sehr ähnliche Bewegungen des Kopfes und der Augen auf. Ja noch mehr, beim Drehschwindel sind auch abnorme Augenbewegungen vorhanden, wie schon Purkinje wusste. Welcher sensible Reiz löst nun diese Augenbewegungen aus? Es könnte die Verschiebung des Netzhautbildes sein, welche ja zunächst stets eintreten muss, wenn der Kopf gedreht wird, und es könnte in Folge dieses Reizes das Auge immer wieder dem fixirten Gegenstand zugewendet werden, so dass das Netzhautbildchen thatsächlich nicht wandert, oder besser gesagt, nur ganz wenig verschoben wird. Denn auch so lange die Bul-

busbewegung noch ausreicht, um das Bildchen festzuhalten, wird doch immer eine ganz geringe Verschiebung stattfinden müssen, wenn von dieser der Reiz ausgehen soll. Und dann hat vielleicht die Kopfbewegung den gleichen Zweck und ergänzt gewissermassen nur die Bulbusbewegung? Wir schliessen, um diese Frage zu lösen, die Verschiebung des Netzhautbildchens aus.

Versuch 34 —— Eine normale Taube wird unter dem Cyclostaten beobachtet. Bei 1,5 Touren ist der Reactionsendwinkel 110°, die Nystagmusphase 40°. Ueber das Thier wird jetzt ein undurchsichtiger Cylinder gestülpt, der nur oben eine Oeffnung im Deckel hat, um dadurch die Taube sehen zu können. Ferner steht unter dem Cylinder ein brennendes Lichtstümpfchen, wodurch das Innere desselben erleuchtet wird. Die Taube kann also jetzt nicht mehr aus dem Apparat heraussehen, sondern sieht nur die mit ihr rotirenden Wände. Der Erfolg ist ein ganz überraschender. Zunächst meint man keine Spur von Drehschwindel wahrnehmen zu können. Indessen es bleibt doch eine Reactionsbewegung von etwa 3° übrig, die besonders deutlich wird, wenn sie beim plötzlichen Anhalten in die umgekehrte Richtung umschlägt. Nystagmus ist gewöhnlich auch nicht andeutungsweise mehr vorhanden. Der Versuch ist noch überraschender im hängenden Käfig anzustellen, den man mit einem Tuch umhängt. Hier kann man nämlich die bestehenbleibende kleine Reactionsbewegung gar nicht bemerken und so hält man die Wirkung der Drehung für vollständig erloschen. ——

Wer vorstehenden Versuch im hängenden Käfig macht, wird leicht dazu verführt werden, den sensiblen Reiz für den Drehschwindel in der Verschiebung des Netzhautbildchens anzunehmen, und selbst wenn man weiss, dass ein ganz unbedeutender Rest einer Reactionsbewegung bleibt, könnte man doch wenigstens für

den grossen Theil des Drehschwindels das Auge verantwortlich machen. Aber ein Vogel, der die Drehung nicht mehr direct mit dem Auge wahrnehmen kann, ist ja doch nicht blind, und wir müssen die Wirkung des Auges ganz ausschliessen, wenn wir seinen Einfluss genau feststellen wollen.

Versuch 35 — Einer normalen Taube wird ein Auge[1]) exstirpirt. Kein Unterschied im Drehschwindel zu bemerken. Nach 8 Tagen wird auch das zweite Auge fortgenommen. Hierauf reagirt die Taube einige Zeit lang nicht bei der Rotation oder wenigstens nicht mehr als die Taube im geschlossenen Raum (Versuch 34). Indess schon nach wenigen Tagen wird der Drehschwindel wieder deutlicher und erreicht schliesslich eine sehr ansehnliche Grösse. Freilich nie mehr die ursprüngliche des sehenden Thieres. Vor der Erblindung fand ich in einem Fall den Reactionsendwinkel = 80°, die Nystagmusphase = 35°, beim blinden Thiere blieben die entsprechenden Winkel immer nur 40° und 20°. —

Man erkennt nun leicht den Einfluss, den das Auge auf den Drehschwindel ausübt. Betrachtet das Thier Gegenstände, welche sich nicht mitdrehen, so wird der Drehschwindel durch das Auge verstärkt, betrachtet die Taube Dinge, welche ebenfalls rotiren, so wird der Drehschwindel abgeschwächt. *In beiden Fällen wird möglichst dahin gestrebt das Netzhautbild für Zeit festzuhalten.* Der Nachschwindel wird in Folge dessen durch den Ausschluss der Augen verstärkt und deutlich schlagend.

---

[1]) Ich narkotisire mit Aether, verlängere die Lidspalte und durchschneide die Conjunctiva, die Muskeln und den Opticus mit einer kleinen krummen Scheere. Die Blutung wird nur mit kaltem Wasser und Schwämmchen gestillt. Einen Tampon oder dgl. in der Orbita zu lassen, halte ich nicht für rathsam. Nie nehme ich beide Augen in einer Sitzung heraus, weil mir dabei schon Thiere verblutet sind. Die blinden Tauben nehmen selbst die Nahrung auf, man braucht sie also nicht zu füttern, doch müssen sie leicht die Erbsen finden können, und es empfehlen sich daher tiefe mit Erbsen gefüllte Gefässe.

Wenn es nun, wie die geblendete Taube lehrt, die Verschiebung des Netzhautbildchens nicht ist, wodurch der Drehschwindel veranlasst wird, so bleibt, abgesehen von dem Labyrinth, nur noch die in Folge der Trägheit eintretende Bewegung des Kopfes und seines Inhalts übrig. Die Rotationsbewegung überträgt sich von dem Rumpf des Thieres auf den Kopf, da aber dieser beweglich mit dem ersteren verbunden ist, so wird er in Folge der Trägheit seiner Masse das Bestreben haben, in der Bewegung zurückzubleiben. Dadurch entsteht eine Bewegung, welche relativ zum Körper die entgegengesetzte Richtung der Drehung hat und welche ich **Remanensbewegung** nennen werde. Dieselbe ist natürlich auch bei gradliniger Bewegung des Thieres vorhanden. Bezeichnet man nun als „Angriffspunkt" diejenige Stelle des Kopfes, wo auf ihn die Bewegung übertragen wird, (etwa die Ansatzstelle des Halses), so hat die Remanensbewegung das Bestreben, den Schwerpunkt des Kopfes (etwa seine Mitte) in die Richtung der Bewegung hinter den Angriffspunkt zu bringen, wenn es sich um gradlinige Bewegung handelt. Bei der Rotation besteht die Remanensbewegung in einer Drehung im entgegengesetzten Sinne der Rotation des Thieres. Wir müssen also noch unterscheiden zwischen der Progressiv-Remanens und der Rotations-Remanens. Für gewöhnlich, wenn man eine Taube auf einer Drehscheibe oder im hängenden Käfig rotirt, combinirt sich Progressiv- und Rotationsbewegung d. h. der Drehpunkt des Kopfes der Taube befindet sich nicht grade im Mittelpunkt der Rotation und wenn z. B. nach rechts herum gedreht wird, so schreitet der Kopf auch zugleich nach rechts progressiv vorwärts, wobei wir die Bogenkrümmung vernachlässigen und die Bewegung als gradlinige Progression betrachten können. Bei dieser gewöhnlichen Combination der beiden Bewegungen haben die Remanensbewegungen einen ähnlichen, jedenfalls keinen entgegengesetzten Sinn. Denn drehen wir die Taube rechtsherum, so wird durch die Rotations-Remanens

ebenso wie durch die Progressiv-Remanens die Schnabelspitze nach links abgewendet werden. Die eine wie die andere veranlasst sensible Erregungen, welche den Drehschwindel auslösen könnten.

Die Progressiv-Remanens.

Wenn man auf einer mit immer gleicher Geschwindigkeit rotirenden Drehscheibe eine Taube abwechselnd einmal möglichst ins Centrum und einmal möglichst nahe an den Rand stellt, so wird sie stets am Rande stärkeren Drehschwindel zeigen [1]) In beiden Fällen bleibt die Rotationsgeschwindigkeit die gleiche und der Unterschied kann nur von der am Rande grösseren progressiven Bewegung herrühren. Jedenfalls wird also der Drehschwindel durch die Progressiv-Remanens verstärkt, ob er aber von ihr ausgeht oder nicht, lässt sich zeigen, indem man die Richtung der Progressiv-Remanensbewegung umkehrt, während man im übrigen die Rotation in der früheren Weise bestehen lässt. Man erreicht dies durch Verlegung des Schwerpunktes des Kopfes. Bei der normalen Taube liegt er vor dem Angriffspunkte, man muss ihn daher hinter denselben bringen. Ich befestigte am Schnabel ein grösseres Stück Wachs und versenkte in dies ein leichtes Holzgestell, welches nach hinten über den Kopf reichte und in einer Bleikugel endigte. Viele Thiere lassen sich die Anbringung eines solchen Apparates nicht gefallen und suchen unaufhörlich durch Schütteln des Kopfes sich von der unbequemen Last zu befreien, man findet aber auch stets ein Thier, das bei allmähliger Anbringung und nach Verlauf einiger Zeit den Kopf ganz ruhig hält. Da die Bleikugel genügend gross ist, um den Schwerpunkt des Kopfes hinter den Angriffspunkt zu bringen, so muss nun die umgekehrte Progres-

[1]) Man kann das schon leicht beobachten, wenn man sich mit einer Taube dreht und sie entweder dicht vor die Brust oder weit von sich ab hält.

siv-Remanens eintreten, eine Bewegung gleich der, als wenn das Thier in entgegengeseztem Sinne gedreht würde. Trotzdem bleibt der Drehschwindel der Richtung nach ganz der ursprüngliche und ist nur der Stärke nach etwas herabgesetzt.

Wenn ich diesen Versuch angeführt habe, so geschah es weil er gut illustrirt, worauf es hier ankommt. Aber der heuristisch begabte Leser hat längst erkannt, dass man, wie der folgende Versuch zeigt, mit einer viel einfacheren, von Breuer ersonnenen Methode zum gleichen Ziele gelangen kann.

Versuch 36 —— Man braucht ja nur eine Taube so auf die Drehscheibe zu stellen, dass sie mit dem Kopf gegen die Achse der Scheibe gerichtet ist. Dann rotirt sie bei Rechtsrotation der Scheibe natürlich auch rechtsherum, aber ihre Progressivbewegung findet nun nach links statt und der Drehschwindel bleibt dennoch im Wesentlichen unverändert. ——

Die Rotations-Remanens.

Hier versagt nun jedes Experiment, welches eine direkte Entscheidung herbeiführen könnte. Denn wie ich auch das Thier stellen oder halten mag, immer bleibt bei Rotation nach rechts die Rotations-Remanensbewegung nach links gerichtet. Und hier kann auch die Verlagerung des Schwerpunkts des Kopfes keine Aenderung herbeiführen. Der Schwerpunkt kann an beliebiger Stelle liegen, die Richtung dieser Remanensbewegung bleibt stets die nämliche und sie wird nur durch Vergrösserung des Kopfgewichtes vermehrt. Vermindern kann man sie aber ebensowenig wie ihre Richtung ändern. Man könnte sich auf die Geringfügigkeit dieser Bewegung der nicht Ausschlag gebenden Progressiv-Remanens gegenüber berufen. Aber beide Arten der Bewegung sind ja nicht gleich und müssen daher verschiedene sensible Erregungen veranlassen, von denen die eine für das Zustandekommen des Drehschwindels entscheidend sein kann,

die andere nicht. Da man nun auch, wie oben p. 143 erläutert, nicht durch künstliche Reize am Labyrinth eine Entscheidung herbeiführen kann, so bleibt die Rotations-Remanens als mögliche Ursache des Drehschwindels übrig. Bevor wir aber in unserer Untersuchung weiter gehen, wollen wir erst noch die von mir gefundene Wirkung des „künstlichen Nystagmus" besprechen. Ich habe wieder und immer wieder vergeblich nach einer Methode gesucht, um mechanisch ohne Rotation Drehschwindel zu erzeugen und endlich in einfachster Weise die Aufgabe lösen können.

Der „künstliche Nystagmus".

Versuch 37 —— Eine Taube, die schon seit einiger Zeit blind ist, wird in der linken Hand gehalten, wie es die



Fig. 47.

Die Erzeugung des künstlichen Nystagmus. Die rechte Hand dreht den Kopf der Taube schnell in der einen und langsam in der entgegengesetzten Richtung.

Fig 47 zeigt. Die Finger der rechten Hand umfassen ihren Kopf in ähnlicher Weise wie man einen Bohrer oder Pfropfen-

zieher hält. Der Zeigefinger liegt nämlich im Nacken des Thieres, zwischen Zeigefinger und Mittelfinger geht der Hals hindurch und die Schnabelspitze liegt zwischen dem 4. und 5. Finger. Das letztere ist nicht gerade nothwendig, erhöht aber doch die Festigkeit, mit der der Kopf zwischen den Fingern fixirt wird. Durch Suppination und Pronation der Hand kann man nun leicht den Kopf der Taube in horizontaler Ebene hin- und herbewegen und erhält dabei folgende merkwürdigen Resultate. Bewegt man den Kopf (immer etwa 20 mal) mit gleicher Geschwindigkeit nach rechts und nach links und lässt ihn dann plötzlich frei, so sieht man keine Spur eines Drehschwindels. Dreht man aber immer langsam nach der einen und möglichst schnell nach der andern Seite, also den Nystagmus, wie er bei der Rotation auftritt, nachahmend und lässt dann plötzlich den Kopf frei, so erhält man einen deutlichen Drehschwindel und zwar von derselben Art, als wenn es ein Nachschwindel nach Rotation im Sinne der langsamen Bewegung wäre. Es wird also nach dem plötzlichen Freilassen der Kopf nach der Seite gerichtet, wohin die langsame Bewegung geschah, und er macht dann, indem er langsam in die Medianebene zurückkehrt, einige Schläge in entgegengesetzter Richtung. Der Schlag des Nystagmus des freigelassenen Thieres hat daher dieselbe Richtung wie der künstliche Nystagmus.

Man kann diese Versuche vervollständigen, indem man mit dem Thiere rotirt und dabei den Kopf in gleicher Weise wie eben geschildert in die Hand nimmt und ihn in verschiedener Weise bewegt oder festhält.

Versuch 38 —— Wie beim vorigen Versuch ist hierfür eine blinde Taube zu verwenden. Man dreht sich mit ihr und hält dabei ihren Kopf ganz fest. Nach dem plötzlichen Stillstehen und Freilassen des Kopfes: Deutlicher Drehschwindel. Man macht während des Drehens „künstlichen Nystagmus“ der

nach der Rotationsrichtung schlägt, d. h. also dem natürlichen entsprechen würde: Nachher kein Drehschwindel. Man macht verkehrten Nystagmus: Nachher vermehrter Drehschwindel. ——

Man entnimmt dem künstlichen Nystagmus, dass eine Rotation im gewöhnlichen Sinne des Wortes gar nicht nothwendig ist, um den Drehschwindel zu erzeugen. Der Kopf der Taube braucht nur immer Stücke einer Kreisbewegung vor- und rückwärts zu durchlaufen. Auch dürfen die beiden Wege gleich lang sein. Ja, sie können sogar mit der gleichen durchschnittlichen Geschwindigkeit zurückgelegt werden. Was aber nothwendiger Weise der Fall sein muss, und durch die Bewegungen des Arms auch erreicht wird, das ist, dass die Geschwindigkeit in der einen Richtung schneller zu- als abnimmt und in der andern langsamer. Die Armbewegung kehrt am Ende der langsamen Bewegung schroffer um als am Ende der schnellen. Es findet also eine Rotations-Remanens im Sinne der langsamen Bewegung statt, deren Wirkung als Nachnystagmus fortdauert.

Es ist kaum nöthig, die Centrifugalkraft zu erwähnen. Es sei nur darauf hingewiesen, dass sie die Richtung in der Hälfte des Körpers ändert, wenn man ein Thier, das bisher ausserhalb des Mittelpunktes der Drehscheibe stand, über die Mitte derselben stellt. Am Drehschwindel ändert sich aber nichts dadurch.

Die Rotations-Remanens muss also den Drehschwindel auslösen. Den Kopf kann man während der Rotation festhalten, das Grosshirn und das Kleinhirn kann man aus ihm entfernen, ohne dadurch die Bewegungen wesentlich zu beeinträchtigen, und so kommen wir denn per exclusionem und ohne Operationen oder Reizungen am Labyrinth zu der Ueberzeugung, dass von letztgenanntem Organ der Drehschwindel ausgeht und dass dieses im Sinne von Mach und Breuer durch die Rotation erregt werde.

Es fragt sich nun weiter, welcher Antheil jedem Labyrinth an dem Zustandekommen der Kopf- und Augenbewegungen zu-

kommt. Schiff[1]) giebt für Frösche und Hunde an, dass jedes Labyrinth nur bei der Rotation nach seiner Körperseite hin in Thätigkeit trete, so dass also der Frosch und der Hund ohne rechtes Labyrinth auf eine Rotation nach rechts nicht reagire, in unveränderter Weise aber auf eine Rotation nach links. Nach dem plötzlichen Anhalten soll dann ein Nachschwindel nur nach vorheriger Rechtsdrehung auftreten. Es leuchtet ein, von welch' grosser Wichtigkeit für die Erkenntniss der Functionsweise des Labyrinths eine genaue Kenntniss des Verhaltens einseitig operirter Thiere sein muss. Nach Schiff's Beobachtungen würde jedes Labyrinth nur auf einerlei Reiz reagiren, aber ich kann ihm in dieser Beziehung nicht beistimmen. Ich sehe auch beim einseitig operirten Frosch noch Reactionsbewegungen und Nachschwindel bei beiden Rotationsrichtungen, ich finde alle 4 Bewegungen abgeschwächt, allerdings die Reactionsbewegung bei Rotation nach der operirten Seite und den Nachschwindel beim plötzlichen Anhalten nach vorheriger Rotation im entgegengesetzten Sinne bedeutend stärker beeinträchtigt als die beiden anderen Bewegungen. Wir werden später sehen, dass bei den verschiedenen Thieren der Unterschied in der Beeinträchtigung der in Frage stehenden Bewegungsgruppen ein sehr wechselnder ist. Hier wollen wir nur die Tauben in Betracht ziehen.

Versuch 39 —— Einer blinden Taube ist das rechte Labyrinth vollständig entfernt. Vor der Operation betrug der Reactionsendwinkel bei Rotation nach rechts oder links 80° mit einer Nystagmusphase von 20° und 15 Schlägen in 5 Secunden. Nach der Operation sind die Werthe bei Rotation nach links auf 60° und 18°, bei Rotation nach rechts auf 20° und 15° herabgesetzt. In ersterem Fall kommen etwa 11 Schläge auf 5 Secunden, in letzterem nur 7. ——

[1]) Schiff, M. Sur le role des rameaux non auditifs du nerf acoustique. Arch. des sciences physiques et naturelles. 15. Févr. 1891.

Jedes Labyrinth functionirt daher bei beiden Rotationsrichtungen und betheiligt sich an dem Zustandekommen jedes Schwindels und jedes Nachschwindels, aber der Antheil ist offenbar in beiden Fällen nicht der gleiche. Jedes Labyrinth wirkt hauptsächlich, wenn das Thier nach der ihm entsprechenden Körperseite hin gedreht wird. Die unmittelbare Folge dieses Verhältnisses ergiebt die Abschwächung des Drehschwindels und die relative Stärke des Nachschwindels bei der Drehung in entgegengesetzter Richtung, wenn nur noch ein Labyrinth vorhanden ist.

Ganz analog verhalten sich die Augenbewegungen.

Versuch 40 —— Einer Taube, die seit längerer Zeit das rechte Labyrinth verloren hat, werden in tiefer Aethernarkose und unter lokaler Anwendung von Cocain die 6 Augenlider abgeschnitten. Durch den Mittelpunkt der Cornea des linken Auges wird eine Stahlnadel, welche am stumpfen Ende einen Strohhalm mit Schreibspitze trägt, bis in die Linse hinein gestossen. Die Taube wird im Taubenhalter befestigt und der Kopf in normaler Lage also mit nur wenig nach unten geneigter Schnabelspalte fixirt. Auf einer durch ein Uhrwerk mit gleichmässiger Geschwindigkeit bewegten Drehscheibe befindet sich ein Kymographion mit horizontaler Trommelachse. Die Taube wird so davor gebracht, dass der Corneal-Hebel seine Bewegungen registrit. Nach Auslösung der beiden Uhrwerke, dem vom Kymographion und dem von der Drehscheibe, wird das Zimmer verdunkelt. Der Hebel vergrössert die Bewegungen des Cornealmittelpunktes etwa um das 10fache. Bei Rotation nach links 8 mm grosse Ausschläge und 6 in 5 Secunden, bei Rotation nach rechts sind die Ausschläge fast gleich gross, nämlich 7 mm, aber es erfolgen nur 4 in 5 Secunden. Es wird darauf die Nadel in das rechte Auge gesteckt, wonach sich derselbe Unterschied zwischen den beiden Rotationsrichtungen ergiebt, aber alle Bewegungen sind hier kleiner, wenn sie auch gleich oft erfolgen. Dass sie gleichgerichtet sind, ist schon oben gesagt. ——

Vielleicht werden die Bewegungen des rechten Auges gar nicht direkt durch das linke Labyrinth veranlasst, sondern sind lediglich durch das linke Auge ausgelöste Associationsbewegungen?

Versuch 41 —— Bei derselben Anordnung wie beim vorigen Versuche wird eine Taube untersucht, welcher vor 8 Monaten nicht nur das rechte Labyrinth, sondern auch das linke Auge mit allen Muskeln exstirpirt wurde. Die Nadel befindet sich also im rechten Auge und die Bewegungen desselben erfolgen in gleicher Weise wie beim vorigen Versuche. —

Ich ziehe aus diesen Beobachtungen die folgenden Schlüsse. Jedes Labyrinth ist mit jedem Auge verknüpft aber vornehmlich mit dem Auge derselben Seite. Jedes Labyrinth bewirkt bei beiden Augen die horizontalen Reaktionsbewegungen in beiden Richtungen, aber die Abweichungen der Augen werden in höherem Grade von demjenigen Labyrinth ausgelöst, von dem sich die Augen fortbewegen. Mit anderen Worten: jedes Labyrinth bewirkt hauptsächlich die Augenbewegungen nach der gekreuzten Seite. Aber wir sind noch nicht am Ende. Es lässt sich auch mit Sicherheit die Stelle des Labyrinths angeben, von welcher aus der Kopf- und Augen-Drehschwindel ausgelöst wird. Wir besitzen in der Plombirungsmethode ein Mittel um eine Ampulle, wenn auch nicht ganz, so doch jedenfalls grösstentheils ausser Funktion zu setzen. Später werden ausführlich die Gründe anzugeben sein, weshalb wir die Wirkung einer Plombe als eine hemmende und nicht als reizende anzusehen haben, übrigens geht dies auch aus den folgenden Versuchen ohne Weiteres hervor.

Versuch 42 —— Der Kopf- und Augen-Nystagmus einer Taube bei bestimmter und constanter Rotationsgeschwindigkeit wird graphisch registrirt. Darauf wird ihr ein Canal. ant. oder beide anteriores oder ein posterior oder beide posteriores oder ein anterior und

ein posterior auf derselben oder auf gekreuzten Seiten plombirt, d. h. wir plombiren einen oder zwei Kanäle in beliebiger Auswahl, lassen aber beide Canal. extern. unversehrt. In allen diesen Fällen ergiebt sich nach der Operation eine nur geringfügige Abschwächung des Kopfnystagmus, welche sich wie immer besonders in der geringeren Anzahl der Schläge ausspricht. Die Beeinträchtigung ist auf beiden Seiten gleich, falls auf beiden Seiten Plomben eingesetzt wurden; sie verhält sich der Qualität nach, wenn auch nur in ganz geringem Maasse, wie nach der Fortnahme des ganzen Labyrinths, wenn nur auf einer Seite plombirt wurde. Es erklärt sich diese Herabsetzung des Nystagmus aus dem Abfluss der Perilymphe, der während des Plombirens stattgefunden hat, und sie verschwindet auch ganz, wenn man erst einige Zeit nach dem Einsetzen der Plomben die Untersuchung anstellt. Ganz anders gestalten sich aber sofort die Verhältnisse, sobald man den Canal. ext. zu dem Versuch wählt. Nach einseitiger Plombirung bekommen wir nun fast genau die gleichen Störungen des Nystagmus wie nach Exstirpation des ganzen Labyrinths auf derselben Seite, und plombiren wir beide Canal. extern., so ist der Nystagmus fast ganz erloschen.

Die noch bleibenden Spuren von Nystagmus lassen sich verstehen, wenn man bedenkt, dass die Rotationsebene doch nie genau senkrecht zu allen Theilen der Canal. ant. und post. steht und dass diese daher in geringem Grade in Wirkung treten können. Dann sollte freilich auch die Ebene in der die Nystagmusbewegungen sich abspielen nicht horizontal liegen, und in der That sieht man in dieser Beziehung kleine Abweichungen von der normalen Lage des Nystagmus. Doch ist es schwer bei der Geringfügigkeit der Ausschläge ihre Ebene genau zu bestimmen.

Jetzt bleibt, um das Zustandekommen des Nystagmus vollständig verstehen zu können, noch übrig, die Beziehungen des Labyrinths zu den beiden den Nystagmus zusammensetzenden

Bewegungen, der Reactionsphase und der Nystagmusphase zu zu erforschen. Löst das Labyrinth beide Bewegungen aus, oder falls nur die eine, welche dann von beiden?

Erinnern wir uns, dass die Vögel den Kopf- und Augennystagmus in sehr vollkommenem Maasse zeigen, dass bei den Haussäugethieren die Nystagmusphase der Kopfbewegungen schon sehr abgeschwächt ist und daher am Kopf häufig nur eine Reactionsbewegung auftritt, während die Augen doch deutlichen Nystagmus zeigen, denken wir schliesslich daran, dass der Frosch überhaupt immer nur mit dem Kopfe die Reactionsbewegung ausführt und dass sich nur eine ganz unbedeutende Nystagmusphase bei seinen Augenbewegungen constatiren lässt, so scheint schon hieraus die Unabhängigkeit der Nystagmusphase von dem Labyrinth hervor zu gehen. Die anatomische Anordnung und die physiologische Bedeutung des Bogengangapparats lässt bei allen diesen Thieren eine strenge Analogie erkennen, und es ist deshalb schon in hohem Maasse unwahrscheinlich, dass dasselbe Organ beim Frosch nur eine Bewegung des Kopfes in einer Richtung, bei den Vögeln aber 2 Bewegungen in entgegengesetzter Richtung auslösen sollte.

Bei den verschiedenen Vögeln tritt ferner die Umkehr aus der Reactionsphase in die Nystagmusphase bei sehr verschiedenen Reactionsendwinkeln ein. Der letztere ist sehr gross bei denjenigen unter ihnen, die den Kopf leicht in Folge eines langen und beweglichen Halses weit herumdrehen können, und wir kommen daher auf die Vermuthung, dass die Nystagmusphase immer erst dann eintritt, wenn durch die Kopfdrehung in Folge der Reactionsbewegung ausserhalb des Labyrinths sensible Reize entstehen, welche das Thier zu einer Zurückdrehung des Kopfes zur Normalstellung hin veranlassen. Es würde dann die Nystagmusphase eine reflectorische oder unbewusst willkürliche Bewegung sein, welche nicht durch das Labyrinth direct zu Stande kommt. In dieser Auffassung werden wir auch durch

die folgenden Versuche unterstützt. Denn wollten wir annehmen, dass auch die Nystagmusphase vom Labyrinth ausgeht, so müsste sie immer entweder nach einer gewissen Zeit, oder nach einer gewissen Drehung des Kopfes oder nach Erreichung gewisser von der Rotation abhängiger Grössen erfolgen. Wir sehen sie aber stets mit dem Aufhören der Rotation eintreten.

Versuch 43 —— Ein theilweise entgrosshirnter blinder Rabe wird auf der Drehscheibe mit Uhrwerk beobachtet. Sein Drehschwindel zeigt einen Reactionsendwinkel von etwa 30° und eine Nystagmusphase von 25°. Sein Kopf kommt also bis auf ein Geringes immer wieder in die Normalstellung zurück. Hält man nun das Uhrwerk in dem Moment an, wo die Nystagmusphase beendet ist, der Kopf sich also fast in der Normalstellung befindet, so wird keine neue Reactionsphase begonnen, sondern der Kopf bleibt sofort stehen oder er macht nur noch die kleine Bewegung, die nöthig ist, um ganz in die normale Stellung zu kommen. Es findet also keine Spur einer Nachwirkung der Drehung statt. Nun mag man das Uhrwerk arretiren, wo man will, mitten in der Nystagmusphase oder auch mitten in der Reactionsphase der Kopfbewegungen, immer geht sofort der Kopf zur Normalstellung zurück. ——

Es hat also das Thier in jedem Moment des ganzen Vorgangs das Bestreben, den Kopf in die Normalstellung zurückzudrehen, und dass dieses Bestreben nicht durch das Labyrinth veranlasst wird, beweist wieder das nachfolgende Experiment.

Versuch 44 —— Es wird ein dünner Seidenfaden an dem Oberschnabel einer Taube befestigt, welche seit etwa einem Jahre blind und labyrinthlos ist. Zieht man ganz langsam an dem Faden und dreht dadurch den Kopf nach rechts oder links, so lässt sich dies das Thier ruhig gefallen. Sobald man aber mit dem Zuge am Faden nachlässt, wird auch der Kopf zur Normalstellung zurückbewegt. ——

Alle diese Versuche machen es wahrscheinlich, dass nur die Reactionsbewegung vom Labyrinthe aus zu Stande kommt und dass die sich eventuell daran anschliessende Nystagmusphase durch ausserhalb des Labyrinths entstehende sensible Reize ausgelöst wird. Aber es sind dies alles nur Wahrscheinlichkeitsgründe und keine eigentlichen Beweise. Ein solcher war schwer zu finden, dennoch glaube ich die folgenden Beobachtungen, welche von Herrn Dr. Stevenson unter meiner Leitung ausgeführt wurden, als wirkliche Beweise für die obige Anschauung ansehen zu dürfen.

Stevenson fand, dass jeder Nystagmus, der des Kopfes sowohl, wie der der Augen, dadurch ausserordentlich vergrössert wird, d. h. dass die Zahl der Schläge oder ihr Winkel bedeutend zunimmt, wenn in irgend einer Weise das Bestreben, den Kopf oder das Auge in der Richtung der Nystagmusphase zu bewegen vermehrt wird, und dass umgekehrt der Nystagmus abnimmt, ja ganz erlischt, wenn man ein solches Bestreben aufheben kann. Die Versuche wurden in sehr verschiedener Weise angestellt und es sollen hier nur einige angeführt werden.

Versuch 45 (Dr. Stevenson) — Nach der Fortnahme eines Labyrinths entsteht beim Hunde stets ein im wesentlichen horizontaler Augen-Nystagmus, welcher nach der vom operirten Ohr abgewendeten Seite hin schlägt. Dieser Nystagmus wird schon nach Stunden, jedenfalls nach Tagen, allmählig bis zum Verschwinden abgeschwächt. Dreht man nun einem Hunde, dem das rechte Labyrinth entfernt worden ist und dessen nach links schlagender Nystagmus bereits fast verschwunden ist, den Kopf stark nach rechts und hält man ihn in dieser Lage fest, so wird der Nystagmus dadurch sofort verstärkt, dreht man aber den Kopf nach links, so werden die Augen ruhig gehalten. Es gelingt auf diese Weise auch einen bereits ganz erloschenen Nystagmus wieder zu erzeugen. —

Um diese Wirkung auch am unversehrten Thiere festzustellen, wurde bei Tauben die Zahl der Nystagmusschläge in 10 Secunden gezählt, während der Kopf entweder nach rechts oder nach links um 90⁰ herumgedreht und in dieser Stellung im Taubenhalter fixirt war. Die Ergebnisse waren die folgenden.

Versuch 46 (Dr. Stevenson) —— Der Taubenhalter wird mit der Taube auf die Drehscheibe mit Uhrwerk gestellt. Die Scheibe rotirt ein Mal in 7 Secunden. Immer nach einem Umgang der Scheibe fängt man an die Augenschläge zu zählen und nach 10 Secunden wird dann das Uhrwerk arretirt.

Der Kopf ist in der Normalstellung fixirt.

Rotation rechts herum { 22, 22, 21 } Schläge in 10 Secunden.

Rotation links herum { 23, 21, 20 } Schläge in 10 Secunden.

Kopf nach rechts um 90⁰ fixirt.	Kopf nach links um 90⁰ fixirt.
Rotation rechts herum.	
Schläge in 10 Secunden.	Schläge in 10 Secunden.
16	27
17	26
15	26
Rotation links herum.	
25	10
28	12
28	10

Diese Zahlen sind sehr beweisend. Das Labyrinth kann doch bei der Rotation nur immer in gleicher Weise beeinflusst werden und doch fällt der Augen-Nystagmus so verschieden aus. Der Unterschied wird durch das verschieden starke Bestreben der Augen, sich in der Richtung der Nystagmusphase zu bewegen, bedingt. Ist der Kopf z. B. auf der rechten Körperseite fixirt,

so haben die Augen ein vermehrtes Bestreben, sich nach links zu bewegen. Bei der Rotation nach links geschieht nun auch die Nystagmusphase nach links und daher wird der Nystagmus verstärkt, bei der Rotation nach rechts wird dagegen das Bestreben der Augen die Normalstellung nach erfolgter Reactionsphase wieder einzunehmen, also sich nach rechts zu bewegen, durch die schon bestehende Neigung zu einer Bewegung nach links theilweise aufgehoben.

Wie dieses Bestreben, die Augen nach der entgegengesetzten Seite zu bewegen, zu Stande kommt, wenn man den Kopf nach einer Seite dreht und ihn verhindert sich zurückzubewegen, ist schwer zu sagen, kann uns aber auch im Augenblick ziemlich gleichgiltig sein. Von der Thatsache selbst überzeugt man sich in leichtester Weise. Man braucht nur einen Hund auf dem Tische aufzubinden und den Kopf dabei frei zu lassen. Biegt man nun denselben stark nach rechts und hält man ihn in dieser Lage fest, so fühlt man die Anstrengung, die der Hund macht, den Kopf in die Normallage zurückzubringen und sieht zu gleicher Zeit die Augen stark nach links sich bewegen. Hört der Hund auf gegen die Zwangslage anzukämpfen, so geht das Auge in die Normalstellung zurück oder wird wenigstens ganz frei in der Orbita bewegt.

Durch diese Versuche von Stevenson wird nun auch eine Beobachtung verständlich, welche bisher völlig räthselhaft erschien. Wenn man bei einem Kaninchen in die beiden Ohren Electroden einführt und auf diese Weise einen galvanischen Strom durch die Labyrinthe leitet, so wird der Kopf nach der Anoden-Seite geneigt und gedreht. Bei einer bestimmten Stromstärke tritt dann auch ein Augen-Nystagmus auf, welcher stets zur Kathode hin schlägt. Kny[1]) machte nun die interessante Beobachtung, dass dieser Nystagmus sogleich verschwindet, wenn

1) Kny, E. Untersuchungen über den galvanischen Schwindel. Dissertation. Strassburg 1887.

man den Kopf des Thieres mit Gewalt in die Normalstellung zurückbringt. Diese Thatsache habe ich oft bestätigen können, und die Erklärung ist durch die Stevenson'schen Versuche gegeben. In der Normalstellung hört das Bestreben der Augen auf, sich zur Kathode hin zu bewegen, welches sie so lange hatten wie der Kopf zwangsmässig zur Anode hin gedreht war.

Stevenson hat auch in analoger Weise den Kopfnystagmus untersucht. Dabei wurde das Bestreben, den Kopf nach einer Seite zu drehen, durch den Zug eines Gewichtes erhöht.

Versuch 47 (Dr. Stevenson.) —— Eine Taube wird im Taubenhalter befestigt, der Kopf aber ganz frei gelassen. Ueber denselben ist die Dunkelkappe gezogen und am Oberschnabel ein dünner Seidenfaden befestigt, der in horizontaler Richtung über eine ziemlich weit entfernte, kleine und sehr leicht bewegliche Rolle führt und am Ende ein Gewicht von 4 Gramm trägt. Das Gewicht befindet sich auf der rechten Seite der Taube, hat also das Bestreben, den Kopf nach rechts zu drehen. Es ist aber zu klein, um eine wirkliche Drehung des Kopfes zu bewirken, vielmehr bleibt der Kopf in Normalstellung und bewegt sich ganz frei nach allen Seiten. Die Taube selbst bemerkt offenbar, da sie nicht sehen kann, die Anbringung des kleinen Gewichtes gar nicht. Sie wird nun auf die Drehscheibe mit Uhrwerk gebracht, und man lässt sie abwechselnd nach rechts und nach links rotiren. Bei der Rotation nach rechts ist der Zug des Gewichts der Reactionsbewegung entgegengesetzt, und dennoch ist der Kopfnystagmus deutlich stärker als bei der Rotation nach links.

Entfernt man das Gewicht, so beobachtet man einen Nystagmus von mittlerer Stärke. ——

Um den künstlichen Zug des Gewichts durch den natürlichen Zug der Schwere des eigenen Kopfes zu ersetzen, liess ich Herrn Stevenson schliesslich noch folgenden besonders interessanten Versuch ausführen.

Versuch 48 (Dr. Stevenson.) —— Der Taubenhalter wird auf eine Scheibe aufgeschraubt, welche sich um ihre horizontal liegende Achse leicht herumdrehen lässt. Eine Taube, die im Taubenhalter befestigt ist, kann dann ebenfalls um die horizontale Achse rotiren. Wir wollen zunächst annehmen, die Taube befände sich in Ruhe in der Lage mit dem Kopf nach oben und dem Schwanz nach unten, welche Lage wir als Ausgangslage bezeichnen werden. Die Taube zieht den Kopf ein und ihr Kopf steht etwa senkrecht zu der vertikalen Körperachse d. h. die Schnabelspalte steht horizontal. Dreht man nun die Taube nach rechts, wobei das rechte Auge voranschreitet, so kommt die Körperachse aus der vertikalen Lage erst in die horizontale mit dem Kopf nach rechts, dann wieder in die verticale mit dem Kopf nach unten u. s. w. Die Schnabelspalte bleibt aber immer horizontal. Hierbei entsteht nun ein Neigungs-Nystagmus, indem sich der Kopf nach der linken Seite hinüberneigt und dann nach rechts zurückschlägt. Dieser Nystagmus wurde nun nicht beobachtet, sondern es wurde die Taube solange und so schnell rotirt, bis der Nystagmus völlig verschwand. Dann wurde sie plötzlich angehalten und nun die Stärke des Nachnystagmus, der natürlich ein nach links schlagender Neigungs-Nystagmus war, festgestellt. Zunächst wählte man stets die Ausgangslage zum Anhaltepunkt und fand nach gleich langer und gleich schneller Rotation stets auch einen gleich starken Nachnystagmus. Darauf wurde aber die Taube nach gleicher Rotation angehalten, bevor sie die Ausgangslage erreichte, so dass ihre Körperachse etwa einen Winkel von 45° mit der Vertikalen machte. Dann wirkte die Schwere des Kopfes nach seiner linken Seite hin und hierdurch wurde der Nachnystagmus deutlich verstärkt.

Unterbrach man aber die Rotation, wenn die Taube die symmetrische Stellung nach dem Durchlaufen der Ausgangsstellung einnahm, so wirkte die Schwere des Kopfes nach seiner

rechten Seite hin, und dann war der Nystagmus schwächer als beim Anhalten in der Ausgangslage. ———

Mit Ausnahme des letzten Versuches war bisher stets nur von der Rotation in horizontaler Ebene, d. h. in der Ebene des Canalis ext. und von dem dadurch verursachten horizontalen Nystagmus (Dreh-Nystagmus) die Rede. Was nun zunächst den Kopfnystagmus betrifft, so lehrte uns schon dieser letzterwähnte Versuch (48), dass in gleicher Weise bei Rotation des Kopfes um eine horizontal von vorn nach hinten gerichtete Achse (Schnabelachse) auch ein Neigungs-Nystagmus entsteht. Ebenso gibt es einen Beuge-Nystagmus bei Rotation um eine horizontale von rechts nach links verlaufende Achse (Augenachse). Beim Frosch ist in allen diesen Fällen nur eine Reactionsbewegung, kein Nystagmus zu finden.

Aber auch bei Rotation in Ebenen die zwischen den eben angeführten liegen, sieht man in gleicher Weise Reactionsbe wegung oder Nystagmus auftreten, und wenn auch der Drehschwindel am stärksten bei Rotation in der Horizontalebene ist, so können wir doch ganz allgemein sagen, dass bei Rotation in jeder beliebigen Ebene der Kopfnystagmus oder die einfache Reactionsbewegung stets in der gleichen Ebene zu Stande kommt, und dass für alle Ebenen die Bogengänge die Reactionsbewegung auslösen. Letzteres wird in gleicher Weise wie für den Drehnystagmus mit Hilfe von Plombirungen der betreffenden Kanäle bewiesen. Liegt die (nicht horizontale) Rotationsebene in der einen Anterior-Posterior-Ebene, so genügt es, diese beiden Kanäle zu plombiren, sonst müssen 4 oder auch alle 6 Kanäle plombirt werden, um die Reactionen zum Verschwinden zu bringen. Doch kann man ja auch aus der charakteristischen ungleichseitigen Abschwächung des Nystagmus nach Plombirung der Kanäle nur einer Seite diese Labyrinthfunktion localisiren. Jede Ampulle tritt desto mehr in Thätigkeit, je kleiner der Winkel ist, den die Ebene ihres Kanals mit der Rotationsebene bildet.

Es hatte nun ein grosses Interesse, die entsprechenden Beobachtungen auch in Bezug auf die Augenbewegungen auszuführen, speciell ein ganz besonderes Interesse, weil die Associationsbewegungen der Augen mit den Reactionsbewegungen in Conflict gerathen müssen, falls die für den Kopfnystagmus geltenden Regeln auch für die Augen zu Recht bestehen sollten. Drehen sich beim Drehnystagmus der Augen dieselben bald im Sinne der Drehung, bald im entgegengesetzten Sinne, so bleiben doch die Bewegungen der beiden Augen stets associirt. Beim Neigungsnystagmus wird aber bei den Tauben, bei denen die Augen seitlich nach rechts und links stehen, falls sich beide Augen gleichzeitig im Sinne der Drehung oder im umgekehrten bewegen, das eine Auge nach oben und zu gleicher Zeit das andere nach unten gerichtet, d. h. es kommt zu nicht associirten Bewegungen. So verhalten sich nun aber die Augen thatsächlich. Die Association wird aufgegeben, und das Gesetz der Reactionsbewegungen gilt ebenso für die Augen wie für den Kopf und erleidet keine Ausnahme. Ebenso, wenn auch schon nicht mehr in so ausgesprochener Weise, liegen die Verhältnisse beim Kaninchen und dem Meerschweinchen. Je mehr die beiden Augen in einer Frontal-Ebene liegen, desto weniger reagiren sie natürlich auf die Neigungsrotation. Andrerseits kann man bei diesen Thieren den Beuge-Nystagmus der Augen besser als bei den Vögeln beobachten.

Nach allen bereits angeführten Versuchen kommt also der Kopfnystagmus und der Augennystagmus in folgender Weise zu Stande. Die Rotation wirkt auf die beiden Labyrinthe und zwar bei horizontaler Drehung. speciell auf die beiden Ampullae externae. Letztere veranlassen beide eine Drehung des Kopfes und beider Augen im entgegengesetzten Sinne der Drehung (Reactionsbewegung), doch wirkt dabei diejenige Ampulle stärker, nach deren Seite hin die Rotation des Thieres geschieht, auch wird von dieser Ampulle aus das benachbarte Auge stärker beeinflusst.

Indem sich aber Kopf und Augen aus der Normalstellung entfernen, erzeugen sie ausserhalb der Labyrinthe zu Stande kommende Reize, welche den Kopf und die Augen in die Normalstellung zurückzudrehen anstreben, aber zunächst noch nicht kräftig genug sind, um die Labyrinthwirkung zu überwinden. Indem sie mehr und mehr mit Zunahme der Reaktionsbewegung anwachsen, so gewinnen sie schliesslich die Oberhand und es erfolgt die Umkehr der Bewegung (Nystagmusphase). Hierdurch wird natürlich die Wirkung der Rotation auf das Labyrinth nicht aufgehoben. Im Gegentheil, der Kopf rotirt jetzt mit einer Geschwindigkeit, die sich als Summe aus der Rotationsgeschwindigkeit des ganzen Thieres und der Schnelligkeit, mit der der Kopf die Nystagmusphase durchläuft, zusammensetzt. Da nun natürlich durch die letztere Bewegung die sie veranlassenden Reize allmählig abnehmen müssen, so kommt es früher oder später wieder zu einem Ueberwiegen der Labyrinthwirkung und damit tritt die Reactionsphase des Nystagmus in Erscheinung, welche nun regelmässig mit der Nystagmusphase abwechselt. In ganz analoger Weise kommt nach dem plötzlichen Anhalten der Nachnystagmus des Kopfes und der Augen zu Stande, nur dass nun die beiden Ampullen ihre Rollen vertauscht haben und alle Bewegungen derart gerichtet sind, als würde das Thier nach entgegengesetzter Richtung gedreht.

Kapitel VIII.

Störungen, welche in gar keinem Zusammenhange mit irgend welchen Kopfbewegungen oder deren Ausfall stehen.

Im vorigen Kapitel habe ich dem Leser im Zusammenhange vorgeführt, was sich bisher an Thatsächlichem über die Beziehungen zwischen den Labyrinthen und den Kopf- und Augenbewegungen angeben lässt. Meine Absicht war dabei nicht nur die fast beispiellose Gesetzmässigkeit, der alle Nystagmusbewegungen unterliegen und die enge Abhängigkeit dieser Erscheinungen von bestimmten einzelnen Labyrinththeilen klar zu stellen, sondern es kam mir ganz speciell auf die Wirkung des Labyrinths auf die Augenbewegungen an, weil die letzteren ein ausgezeichnetes Beispiel an die Hand geben, um den allgemeinen und von den Kopfbewegungen unabhängigen Einfluss des Labyrinths auf die Muskeln zu beweisen. Von diesem Einfluss hat man bisher nichts gewusst. Alle Autoren, welche nach Goltz Vorgange einen Zusammenhang zwischen normaler Weise im Labyrinth zustandekommenden, nicht akustischen Reizen und gewissen Muskelbewegungen angenommen haben, glaubten, dass in Folge der Reize gewisse Empfindungen ausgelöst würden und dass diese Empfindungen zu bewusst oder unbewusst willkürlichen oder zu rein reflektorischen Bewegungen Veranlassung geben.

Für diese Betrachtungsweise und diesen nur allgemeinen Ausdruck für die nicht akustischen Funktionen des Labyrinths ist es ziemlich gleichgiltig, ob man die Reize andauernd und

nur bei den Lageveränderungen des Kopfes in ihrer Quantität wechselnd wirken lässt (Goltz' Drucktheorie), oder ob sie allein bei den Kopfbewegungen (Mach-Breuer'sche Remanenstheorie) entstehen sollen. In beiden Fällen dient das Labyrinth nur dazu, die Kopfstellungen und Kopfbewegungen auf gewisse Muskelgruppen wirken zu lassen. Dieser Anschauung zu Liebe hat man sich dann bemüht, alle Störungen, die man nach Verletzungen des Labyrinths beobachtete, durch eine anormale Kopfbewegung oder eine anormale Kopfhaltung oder auch durch anormale Gefühle von beiden erklären zu wollen. Ein Versuch, der zuweilen nur unter Annahme vieler unbewiesener Hilfshypothesen zum Ziele führte. Man kannte eben bisher als Folgen von Labyrinthoperationen keine Ausfallserscheinungen, die sich mit den Kopfbewegungen in keiner Weise in Zusammenhang bringen lassen, oder von denen man wenigstens nachweisen kann, dass sie auch fortdauern, wenn thatsächlich kein solcher Zusammenhang besteht. Können nun an gewissen Muskeln Ausfallserscheinungen unter den gestellten Bedingungen aufgedeckt werden, so geht daraus die Unzulänglichkeit der bisherigen Anschauungen hervor.

Nachdem ich schon eine Reihe von den hier in Rede stehenden Ausfallserscheinungen kannte, veranlasste ich Herrn Dr. Stevenson, die Augenbewegungen des Hundes daraufhin zu untersuchen. Es war festzustellen, ob zwischen den Augenbewegungen des normalen und des labyrinthlosen Thieres, wenn jedesmal der Kopf unbeweglich gemacht würde, ein Unterschied vorhanden sei. Da sich dann in diesen beiden Fällen der Kopf nicht bewegt, so kann das Labyrinth bei den Augenbewegungen des normalen Thieres nicht gereizt werden, und bei denen des labyrinthlosen Thieres daher nicht ein Mangel von Bewegungsgefühlen zur Erklärung der Störung herangezogen werden.

Versuch 49. (Dr. Stevenson.) —— Ein älterer Hund wird durch wochenlangen Verkehr mit ihm zutraulich gemacht und

an das Aufbinden auf den Tisch gewöhnt. Wiederholentlich werden seine Augenbewegungen untersucht, während er auf den Tisch festgebunden und besonders der Kopf sorgfältig fixirt ist. Zeigt man ihm in dieser Situation, und wenn er hungrig ist, ein Stück Fleisch, und bewegt dasselbe in seinem Gesichtsfelde beliebig in allen Richtungen hin und her, so folgt er aufmerksam demselben mit den Augen und verliert es nie aus dem Gesicht. Die maximalen Bewegungen, die von den Augen dabei ausgeführt werden, bestimmt man am besten als Breite des Scleralrandes, welcher in den Augenwinkeln oder am oberen und unteren Lidrande sichtbar wird. Mit einem Zwischenraum von etwa 14 Tagen wurden dann beide Labyrinthe entfernt. Nach der zweiten Operation wird, wie immer, der Kopf wieder ganz gerade gehalten und, soweit man das ohne besondere Hilfsmittel beobachten kann, auch ganz normal bewegt. Schon wenige Tage nach der Entfernung des zweiten Labyrinths ist kein Augennystagmus mehr nachweisbar, auch nicht, wenn man den Kopf in irgend eine Zwangslage bringt. Dennoch werden erst einige Wochen später die entscheidenden Prüfungen der Augenbewegungen vorgenommen. Wieder wird der Hund auf den Tisch gebunden und der Kopf völlig unbeweglich gemacht. Er fixirt mit grösster Aufmerksamkeit ein vorgehaltenes Fleischstück. Weder bei diesem Fixiren, noch sonst bei den Augenbewegungen ist eine Andeutung von Schielen wahrzunehmen, sondern es sind die Bewegungen beider Augen sets in normaler Weise associirt. Aber es ist sehr auffallend, dass der Hund nicht mehr im Stande ist, den Bewegungen des Fleisches wie früher zu folgen, es vielmehr immer sehr bald aus dem Gesichtsfeld verliert. Nur wenn man die Bewegungen relativ langsam macht und spitze Winkel dabei vermeidet, können die Augen dem Fleischstück folgen. Dabei sind die maximalen Bewegungen, wenn man von vereinzelten grossen Ausschlägen absieht, kleiner als vor den Operationen. Auch die selten ausgeführten grösseren Bewegungen

scheinen hinter den normalen maximalen Werthen zurückzubleiben. Freilich sind diese Messungen nicht sehr genau. ——

Die Augenbewegungen, deren nahe Beziehungen zu den Labyrinthen wir ja bereits besprochen haben, werden also dauernd durch den Fortfall dieser Organe geschädigt und zeigen eine Functionseinbusse auch unter Bedingungen, welche eine Betheiligung des Kopfes irgend welcher Art ganz ausschliessen.

Zu diesen Versuchen kann ich noch einen anfügen, den ich schon vor längerer Zeit angestellt habe, und dessen Beweiskraft durch den vorigen Versuch wesentlich erhöht wird.

Versuch 50 —— Ein mittelgrosser Hund, der ein ausgezeichnet geschickter Fänger von zugeworfenen Bissen war, wurde besonders auf diese Kunst hin beobachtet. Ich legte Werth darauf, dass er aus grosser Entfernung die geworfenen Zuckerstücke auffing, weil hierbei das Verfolgen des Stückes mit den Augen mehr zur Geltung kommt. Das Thier fing schliesslich jedes Stück Zucker, das ich ihm aus 5 Meter Entfernung zuwarf. Etwa 4 Monate nach der Entfernung seiner beiden Labyrinthe wurden diese Versuche wiederholt, aber seine Geschicklichkeit war verloren gegangen und wurde auch durch vielfaches Ueben nicht wieder erreicht. Bei aufmerksamer Beobachtung liess sich als hauptsächliche Ursache seiner Ungeschicktheit ein mangelhaftes Verfolgen des Zuckerstückes in seiner Wurfbahn erkennen. Er verlor das Stück aus den Augen, und machte dann den Mund entweder gar nicht oder zur falschen Zeit auf, um den Bissen zu ergreifen. Nur hie und da, gewissermassen wie zufällig flogen einige Stücke ihm in den Mund. Besonders charakteristisch aber war es, dass ein absichtlich etwas weiter nach rechts oder links, nach vorn oder hinten geworfenes Stück, das auf den Boden fiel, fast stets in der falschen Richtung gesucht wurde. Um das Geräusch beim Niederfallen des Zuckers zu vermeiden[1]), machte ich

---

1) Der Hund war nicht ganz taub.

die Versuche später auf einer Grasfläche, und namentlich war es überraschend, den Hund bald rechts bald links suchen zu sehen, wenn ich den Zucker zu kurz geworfen hatte und er vor dem Thier niedergefallen war. ———

Wenn ich nun auch nach dem übrigen Verhalten des Hundes nicht glauben kann, dass bei diesen Versuchen die Kopfbewegungen in irgend welcher Weise das Resultat veranlasst haben, so muss ich doch zugeben, dass diese Versuche für sich allein nicht genügend beweiskräftig sind und es ist dies auch der Grund, weshalb ich den Versuch 49 veranlasst habe.

Eine andere Gruppe von Muskeln, die ganz ausser Beziehung zu den Kopfbewegungen functioniren, sind diejenigen des Kehlkopfes. Beim Hervorbringen der Stimme kann der Kopf sich beliebig bewegen und beliebig gehalten werden, jedenfalls innerhalb der kleinen Grenzen, welche bei doppelt operirten Thieren als anormale Bewegungen theoretisch angenommen und dann zur Erklärung der übrigen Störungen benutzt werden könnten. Die Unabhängigkeit der Stimmäusserungen von etwaigen Kopfbewegungen ist übrigens bei den Vögeln noch besonders in die Augen springend, da sich bei ihnen die Tonbildung im sogenannten zweiten Kehlkopf, im Syrinx, vollzieht, der sich in der Brusthöhle befindet.

Versuch 51 —— Wenn man einem Tauber, der sich mit einer Taube gepaart hat, ein Labyrinth entfernt, so kann man am Tage nach der Operation ihn fleissig die Taube umgehen sehen, er dreht sich nach rechts und nach links und senkt den Kopf dabei, aber das sonst nie in diesem Moment fehlende Gurren und Locken bleibt aus. Das ist die Regel. Wenn bei einigen Thieren schon bald nach der Operation das Stimmorgan wieder functionirt, so ist doch eine Abschwächung und besonders eine Veränderung der Stimme unverkennbar. Nach der zweiten Operation verstummt das Thier für sehr lange

Zeit, und wenn nach langer Zeit, nach vielen Monaten, die Stimme sich wieder hören lässt, so bleibt sie auf ein unwilliges Knurren beschränkt, wenn man das Thier ergreifen will, oder wenn es zum Streite mit anderen Tauben kommt.

Bei einem Hahn, der hell und laut des Morgens krähte, wurde beiderseitig eine nicht vollständige Zerstörung der Labyrinthe ausgeführt. Nach einigen Tagen ist seine Kopfhaltung ganz normal. Beim Versuch zu krähen schlägt er mit den Flügeln, reckt den Kopf und stösst nur heiser klingende, durchaus von dem normalen Krähen abweichende Töne aus.

Einigen jungen Raben zog ich beiderseits 2 Ampullen aus. Die Thiere machten vor der Operation fast beständig ein lautes Geschrei, das sich immer lebhaft steigerte, wenn man ihnen ein Stück Fleisch reichte. Nach der Zerstörung des Bogengangapparates (die Schnecke blieb bei diesen Versuchen unberührt) sprangen die Thiere lebhaft, wenn auch ungeschickt im Käfig umher, keines gab einen Ton dabei von sich. Erst beim Hinhalten von Fleisch öffneten sich wie gewöhnlich die Schnäbel, aber nur heisere, gegen früher ungemein abgeschwächte Laute wurden dabei ausgestossen. Wenn ich aber eine Klemmpincette nahm und damit kräftig die Zehen der Thiere kniff, so liessen mehrere von ihnen das frühere laute Geschrei hören.

Bei den Dohlen sind die Beziehungen zwischen den Labyrinthen und den Muskeln derart, dass jedes Labyrinth in fast ganz gleicher Weise mit jedem Muskel verknüpft ist. Es kann daher bei ihnen sehr leicht — wie unten ausführlicher gezeigt werden wird — jedes der beiden Organe für das andere eintreten. Nachdem ich einer Dohle, welche immer laut schrie, wenn man sie mit der Hand festhielt, das eine Labyrinth entfernt hatte, war kein Unterschied in der Kraft und dem Gebrauch des Stimmorgans gegen früher zu bemerken. Nach Verlust auch des anderen Labyrinths habe ich sie nie wieder zu einer Stimmäusserung veranlassen können.

Am wichtigsten sind wohl in dieser Beziehung die Beobachtungen am Hunde, von denen ich nur das Verhalten einer Hündin kurz schildern will, welche eigens für diese Untersuchungen des Stimmorgans ausgesucht und operirt wurde. Es handelt sich um eine grosse Hündin, welche sehr wachsam war, und jedenfalls stets beim Anschlagen der anderen Hunde mitbellte. Es gab noch ein besonderes Mittel sie zu sehr lebhaftem Bellen zu veranlassen, wenn man sie nämlich auf das Fensterbrett setzte und auf die Strasse sehen liess. Jeder Vorbeigehende wurde angebellt und namentlich erregten vorübergehende Soldaten ihren Unwillen. Nach der Entfernung des linken Labyrinths, als die Wunde ganz geheilt war und das Thier längst wieder auf dem Hof munter herumsprang, wurden die Beobachtungen über die Stimmäusserungen wieder aufgenommen. Trotzdem der Hund natürlich noch sehr gut mit einem Ohr hören konnte, bellte er doch nicht mehr mit seinen Gefährten. Auf das Fensterbrett gesetzt folgte er allen Vorübergehenden mit dem grössten aber ganz lautlosem Interesse, und nur als ein Zug Soldaten vorbeikam, lies er ein tiefes Knurren vernehmen. Im Verlauf der nächsten Monate kam die Stimme wieder, fiel aber anfänglich durch ihre tiefe Stimmlage auf. Als ich zur zweiten Operation schritt, war die Stimme wohl wieder ganz normal geworden, doch mussten immer ganz besondere Mittel angewandt werden, um das Thier zum bellen zu bringen; die gewöhnlichen Anlässe, welche früher so gern von ihm ergriffen wurden, waren wirkungslos geblieben. Nach der zweiten Operation wiederholte sich die Beeinflussung des Stimmorgans in derselben Weise wie nach der ersten, nur wurden seine Aeusserungen noch mehr herabgesetzt, und es dauerte sehr viel länger bis sich wieder das erste Bellen beobachten liess. ———

Zu diesen Versuchen über die Beeinflussung der Kehlkopfmuskulatur durch das Labyrinth habe ich noch einige Worte hinzuzufügen. Das Stimmorgan ist bekanntlich ein Luxusorgan,

welches hauptsächlich spontan, d. h. durch psychische Processe zur Function angeregt wird. Daher werden auch seine Aeusserungen sehr leicht durch irgendwelche sensiblen Reize gehemmt. Ein betrübter Vogel singt eben nicht mehr, und es musste untersucht werden, ob nicht in den oben mitgetheilten Fällen die Stimmäusserungen einfach durch sensible Reize gehemmt worden waren. Solche Reize könnten in abnormen Gehörseindrücken, Schwindelgefühlen oder auch in Schmerzempfindungen bestehen. Hierauf ist zunächst in Bezug auf die Störungen nach einseitigen Operationen zu erwiedern, dass zwar durch sensible Reize leicht eine Hemmung, allenfalls wohl auch eine Abschwächung der Functionen aber nicht gut eine Functionsänderung zu Stande kommt. In Folge von Hemmung mag ein Hahn nicht mehr krähen, oder auch nicht mehr mit gewohnter Kraft, dass er aber sein sonst so klares Lied in Folge von sensiblen Reizen in ein hässliches Geschrei umwandeln sollte, erscheint schwer verständlich. Dasselbe gilt für die Stimmveränderung bei den andern Thieren. Ferner wird dieser Einwand durch das übrige Verhalten der Thiere zur Zeit der betreffenden Beobachtungen völlig widerlegt. Das Werben und Locken des Taubers, das doch gewiss leicht gehemmt werden sollte, das muntere Herumspringen des Raben und vor allem das so leicht zu beurtheilende Verhalten des Hundes beweisen, glaube ich, hinreichend die Grundlosigkeit der Hemmungshypothese.

Für die doppelseitig operirten Thiere kommen noch andere Momente hinzu. Man hat behauptet, taube Thiere würden stumm. Ich muss nach meinen eigenen Erfahrungen diese Angabe ins Fabelbuch verweisen. Dass die Thiere, da sie ja besonders häufig durch Geräusche zu Stimmäusserungen veranlasst werden, in Folge von entstandener Taubheit weniger ihre Stimme hören lassen, ist selbstverständlich, aber auch diejenigen Hunde und Tauben, die ich operirt hatte und bei welchen ich in keinerlei Weise mehr Gehörempfindungen nachweisen konnte, wurden nicht stumm,

d. h. sie bellten und gurrten noch, auch auf psychische Reize hin. Nun werden sogar die Thiere bei sorgfältiger Operation durch den Verlust der beiden Labyrinthe nicht einmal ganz taub und so war ein gänzliches Verstummen derselben gar nicht zu erwarten. Auffallend ist nicht, dass sie die Benutzung des Stimmorgans allmählig wieder gelernt haben, sondern dass diese Thätigkeit verloren ging, und dafür kann man eben nicht die ja immerhin sehr hochgradige Schädigung des Gehörs verantwortlich machen. Denn dann hätte die Sprachstörung nur allmählig eintreten sollen, und es könnten vor allen Dingen die Stimmäusserungen nicht nach Wochen wiederkommen, erst weniger gut und dann immer besser. Mir scheint daher ein, wenn ich so sagen darf — direkter Einfluss des Labyrinths auf die Kehlkopfmuskulatur durch die mitgetheilten Versuche bewiesen zu werden.

Eine dritte Gruppe von Muskeln, deren Funktioniren von den Kopfbewegungen ganz unabhängig ist, sind die Kiefermuskeln. Wohl alle Beobachter haben sich gezwungen gesehen, einzelne ihrer Tauben zu füttern. Da aber die Thiere heftige Bewegungen mit dem Kopfe machten und Gleichgewichtsstörungen zeigten, so war hierdurch ein genügender Grund für die mangelhafte oder ganz ausbleibende Nahrungsaufnahme gegeben. Vielfach ist wohl auch bei turbulenten Erscheinungen gar nicht der Versuch gemacht worden, ob die Thiere nicht von selbst essen und trinken würden. Man hielt es eben für selbstverständlich, dass Thiere mit so hochgradigen Bewegungsanormalien gefüttert werden müssten.

Wenn man aber einer Taube beide Layrinthe entfernt hat, so zeigt sie gar keine turbulenten Bewegungsstörungen, sie geht auch ganz ruhig zum Wassernäpfchen und trinkt daraus. Warum frisst sie nicht? Vielleicht weil sie keinen Hunger hat? keineswegs. Sie läuft zu den Erbsen, pickt in sie hinein, ergreift aber keine. Durch die häufigen Wiederholungen dieser Fress-

versuche werden die Erbsen nach rechts und links aus dem Näpfchen herausgeworfen und zerstreut, aber nicht eine einzige Erbse kommt in ihren Kropf. Sie drückt auch nach einigen Tagen, wenn die vergeblichen Versuche, die Erbsen selbst zu ergreifen, aufgegeben werden, ihren Hunger durch aufgeregtes Hin- und Herlaufen und Schlagen mit den Flügeln aus, so dass man nicht leicht das Füttern vergessen wird. Auch bekommt ihr die Nahrung vorzüglich. Sie erbricht im Allgemeinen weder unmittelbar nach der Operation noch je später und nimmt, wenn sie nicht schon sehr fett war, bei reichlicher Fütterung an Gewicht zu. Vielleicht beherrscht sie nicht genügend die Kopf- und Halsbewegungen, um die Erbsen ergreifen zu können? Aber sie kann ja trinken und pickt in den ersten Tagen Hunderte von Malen in den Erbsennapf hinein. Es bleibt also nur übrig, dass es sich um eine Störung der Kiefer- und vielleicht auch der Zungenmuskulatur handelt, und in der That ist der Hauptgrund für die Fressstörung, wie die aufmerksame Beobachtung lehrt, in der Unfähigkeit, den Schnabel im richtigen Moment zu öffnen, gelegen. Es lässt sich dies auch experimentell beweisen.

Versuch 52 —— Auf ein Brettchen werden einige Erbsen mit Leim aufgeklebt und dann mit Parafin überzogen. Legt man nun dasselbe vor eine hungernde Taube, so macht sie früher oder später Versuche die Erbsen aufzupicken. Gewöhnlich geht sie dabei von Erbse zu Erbse und wiederholt nicht den Versuch bei denjenigen, die sie schon als festsitzend erkannt hat. Wenn man sich nun die Erbsen genau ansieht, so ist es nicht schwer die Eindrücke, die der Ober- und Unterschnabel hinterlassen haben, zu erkennen. Dieselben Erbsen werden dann mit einem neuen Ueberzug versehen und der doppelseitig operirten Taube vorgesetzt. Auch sie pickt auf dieselben, aber die Eindrücke verrathen, dass der Schnabel nur in seltenen Fällen dabei geöffnet wurde. ——

Indessen kann das mangelhafte Oeffnen des Schnabels nicht die einzige Ursache der Fressstörung sein. Steckt man nämlich die Erbsen vorn in den Schnabel hinein, so werden sie doch nicht genommen, sondern entweder mit der Zunge nach vorn herausgestossen oder durch Schütteln des Kopfes fortgeschleudert. Etwas tiefer in den Mund gebracht, werden sie aber gern mit der Zunge nach hinten geschoben und verschluckt. Es scheint also auch eine Störung der Zungenbewegungen vorzuliegen, und ohne Frage kommt ja auch der Umstand in Betracht, dass die Thiere nicht jene schnellen und kurzen Kopfbewegungen nach vorn werden ausführen können, durch welche sie die Erbsen vermöge ihrer Trägheit nach hinten bringen.

Bei den Operationen wird ein Kaumuskel, welcher an der Linea semicircularis entspringt und sich am Unterkiefer inserirt, freigelegt und auch an seinem Ursprunge beschädigt, es kann ferner das Zungenbein, welches in einer seichten Spalte zwischen den Nackenmuskeln auf und nieder gleitet, durch die Verschiebung des einen Nackenmuskels und durch die in Folge des Heilprocesses sich ausbildenden Veränderungen in seinen Bewegungen beeinträchtigt werden. Deshalb ist es von Wichtigkeit festzustellen, dass bei den doppelseitig operirten Tauben, denen aber nicht die Labyrinthe entfernt, sondern jederseits vielleicht nur einige Plomben eingesetzt werden, keine Fressstörungen beobachtet werden, obwohl die Operation in ihren äusseren Theilen genau die gleiche ist.

Um nun die Störungen der Kiefermuskulatur unabhängig von irgend welchen Kopfbewegungen beobachten zu können, führte ich folgende Versuche aus. Ich spaltete einer Anzahl von Tauben den Unterschnabel, so dass seine beiden Seiten von einander unabhängig sich bewegen konnten und das Thier gewissermassen 3 Schnäbel hatte. Die Operation ist leicht auszuführen und es möge, was etwa darüber zu sagen ist, hier eingeschaltet werden,

Die Operation der dreischnäbligen Taube.

(Vgl. Fig. 48.)

In tiefer Aethernarkose wird die Taube mit dem Rücken nach unten in dem Taubenhalter festgebunden. Der Kopf wird durch den Ring gezogen aber der Schnabel nicht wieder in ihn zurückgesteckt. Es ruht dann einfach der Hals im Ringe und der Schnabel ist ganz frei. Die Ringstange wird vortheilhaft auf der linken Seite an den Ring geschraubt, damit sie nicht beim Operiren im Wege ist. Sind die Federchen auf der Unterseite des Unterschnabels bis zur äussersten Schnabelspitze aufs sorgfältigste abgeschnitten und die Haut gewaschen, so wird ein Hautschnitt von 2 centim. Länge genau in der Mittellinie geführt, der bis zur Schnabelspitze reicht. Man arbeitet sich dann vorsichtig unter Schonung der Zunge zwischen den zarten Muskeln hindurch und hat bald nur noch die Mundschleimhaut vor sich. Sie wird ebenfalls genau in der Mittellinie mit dem Messer durchschnitten. Schliesslich durchtrennt man den Schnabel selbst mit einer scharfen Beisszange oder auch einfach mit der Scheere. Die Blutung ist meist gering, nur an der äussersten Schnabelspitze kommt es manchmal zu einem etwas reichlicheren Bluterguss, der nach Anlegen der Nähte bald vorübergeht, jedenfalls keiner besonderen Massnahmen bedarf. Jederseits wird die äussere Haut mit der Mundschleimhaut durch 5 Nähte vereinigt. Die beiden Näthe im Wundw nkel fassen etwas mehr Haut von der Seite her, machen dadurch den Wundwinkel klaffen und verhindern eine Verheilung der beiden Seiten mit einander. Die Heilung erfolgt sehr schnell. Die Nähte werden nicht entfernt. Nach 10—14 Tagen fallen sie von selbst ab. Ungefähr bis zu dieser Zeit muss die Taube gefüttert werden (trinken kann sie stets ohne Hilfe) dann werden die Erbsen mit den 3 Schnäbeln leicht ergriffen und verschluckt, wobei ein tiefes Näpfchen das erschwerte Einbringen der Erbsen in den Schlund wesentlich

erleichtert. Endlich werden auch einzelne Erbsen wieder vom glatten Boden aufgenommen.

Versuch 53 — Drei Wochen nach der Ausführung der eben geschilderten Operation wurde bei einer Taube untersucht, wie sich die beiden Unterschnäbel bei gesonderter Belastung verhalten. Hierzu war eine Versuchsanordung nöthig, die eine freie Bewegung des Unterkiefers bei festgestelltem Oberkiefer gestattete. Die Flügel und Beine der Taube wurden in ein Handtuch eingewickelt und das Thier dann derart auf ein Bordbrett gelegt, dass der Kopf über den freien Rand des Brettes hervorragte. An einem Stativ, das ebenfalls auf das Bordbrett und dicht neben die Taube gestellt wurde, war ein Arm befestigt, der bis dicht über den Kopf der Taube reichte und an dem ein dünner Faden befestigt war, welcher herabging, das äusserste Ende des Oberschnabels umfasste und wieder zum Arm des Stativs zurückkehrte. Die Spitze des Oberschnabels ruhte also in einer Fadenwende, wie das die Fig. 48 deutlich macht, und der etwa horizontal gestellte Oberschnabel wurde dadurch in seiner Lage fixirt. An beide Unterschnäbel wurden lange Fäden befestigt, an deren frei herabhängenden Enden man leichte Gewichte von verschiedener Grösse anhängen konnte. Die Befestigung dieser Fäden an den Unterschnäbeln geschah in der

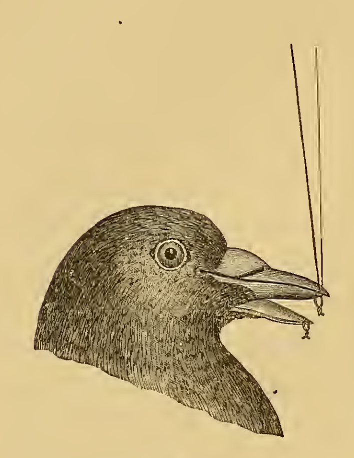


Fig. 48.

Die dreischnäblige Taube. Durch die beiden Unterschnäbel sind Drahtösen gezogen, um die Gewichte zur Prüfung der Muskelkraft einhängen zu können. Der Oberschnabel wird durch die Fadenwende an einer Bewegung nach abwärts verhindert.

Art, dass die oberen Enden der Fäden zu kleinen Oesen geknüpft waren, welche über die keilförmigen Schnabelspitzen herübergezogen wurden und hier durch Reibung festhielten. Früher hatte ich durch die Spitzen der beiden Unterschnäbel kleine Ringe gezogen (Fig. 48) und in diese die Fäden eingehakt, weil ich fürchtete mit den direct übergezogenen Fäden ungleiche Hebelarme zu bekommen, aber es hat sich diese Furcht als unbegründet herausgestellt. Hängt man nun 5 gr an jeden Schnabel, so werden beide 5—6 mm weit nach unten gezogen und der Schnabel steht dann offen. Bei einer Belastung von je 10 gr wird der Schnabel fast ad maximum geöffnet und beide Unterschnäbel sind weit von einander nach rechts und links gezogen, während sie sich bei der vorigen Belastung noch dicht nebeneinander, wenn auch ohne sich zu berühren, befanden.

Natürlich hat die Taube die genügende Kraft in ihren Kiefermuskeln, um die Gewichte zu heben, und dies geschieht auch von Zeit zu Zeit. Aber je grösser die Belastung desto kürzer ist der Zeitraum, während dessen der Schnabel geschlossen bleibt, und desto unvollkommener wird das Schliessen. Schon bei jederseits 10 gr bleibt eine Spalte von 2—3 mm. Zu beachten ist, dass die Bewegungen beider Schnäbel stets vollkommen gleichzeitig und gleich gross zu Stande kommen und dass in Folge dessen auch ein Schnabel genau so tief herabhängt wie der andere, falls der Kopf gerade d. h. die Augenachse horizontal steht. Die Bewegungen der beiden Schnäbel sind ferner fast ganz unabhängig von einander. Belastet man nur einen Schnabel mit einem nicht zu grossen Gewicht, so bleibt der andere geschlossen. Hängen an beiden Schnäbeln mittlere Gewichte und vermehrt oder vermindert man den Zug an dem einen durch Ziehen oder Nachlassen mit der Hand und giebt man dann allmählig das Gewicht wieder frei, so stellt sich der betreffende Schnabel genau wieder auf das alte Niveau, also neben den anderen stets an seiner Stelle gebliebenen Schnabel wieder ein, indem er ent-

weder wieder zu ihm herabsinkt oder hinaufsteigt. Schliesslich ist noch ein für unsern Zweck wichtiges Symptom zu erwähnen. Bläst man nämlich aus einiger Entfernung dem Thier in den offenen Rachen, so werden beide Unterschnäbel völlig gleichmässig in kleinen Rucken nach oben bewegt, wobei es nicht immer zu einem wirklichen Schliessen des Schnabels kommt. Hört man mit Blasen auf, so fallen die Schnäbel wieder herab und man kann diesen Versuch beliebig oft wiederholen. ———

Dies Verhalten der Tauben mit gespaltenem Schnabel stimmt völlig mit dem der ganz normalen Thiere überein. Hängt man bei im Uebrigen gleicher Versuchsanordnung an den normalen, ungespaltenen Unterschnabel dieselben Gewichte wie an die beiden Schnabelhälften, so sieht man genau dieselben Bewegungen, nur dass natürlich das seitliche Voneinanderweichen der Schnabelhälften nicht stattfinden kann.

Von Wichtigkeit für die vorliegende Frage ist noch die Untersuchung, ob die Bewegungen des Unterschnabels durch die für die Herausnahme des Labyrinths nöthigen Vorbereitungen, also durch das Fortschieben der Muskeln und das Abtragen der Decke der Bogenhöhle geschädigt werden. Es wurden deshalb an einigen Tauben mit gespaltenen Schnäbeln auf einer Seite alle für die Herausnahme des Labyrinth nöthigen Vorbereitungen getroffen, ohne jedoch das Labyrinth schliesslich zu entfernen. Die sofort nach dieser Operation angestellte Untersuchung der Schnabelbewegungen ergab ebensowenig wie ihre Wiederholung in den folgenden Tagen irgend eine Abweichung von dem normalen Verhalten der Thiere.

War auf diese Weise sicher gestellt, dass die Muskulatur des Unterschnabels keine directe Schädigung erleidet, so konnte nun bei anderen Thieren der Einfluss der Entfernung des Labyrinths untersucht werden. Nach Herausnahme des rechten Labyrinths ergab sich sofort nach der Operation, dass beide Schnabelhälften schwächer geworden sind, d. h. dieselben Ge-

wichte bewirken jetzt eine weitere Oeffnung des Schnabels. Rechterseits ist diese Schwäche grösser, denn die rechte Schnabelhälfte steht stets tiefer als die linke.

Andererseits wird auch der rechte Unterschnabel nicht mehr so zuverlässig wie früher geschlossen, wenn man seine Belastung aufhebt. Wenn beiderseits mittelgrosse Gewichte angehängt sind und man hebt das des linken Schnabels mit der Hand allmählig auf, so wird dieser geschlossen, und der rechte bleibt dabei ruhig geöffnet oder wird nur wenig gehoben, lässt man aber das linke Gewicht ruhig hängen und hebt man statt dessen das rechte allmählig auf, so schliesst sich der rechte Unterschnabel nicht sondern bleibt mehr oder weniger offen stehen. Der rechte Unterschnabel wird auch immer etwas später bewegt, wenn die Taube den Schnabel willkürlich schliesst. Der früher so streng eingehaltene Synchronismus der beiderseitigen willkürlichen Bewegungen ist also nicht mehr vorhanden.

Als wichtigstes Symptom muss das einseitige Ausbleiben der ruckartigen Reflexbewegungen angeführt werden, da es auch dasjenige Symptom ist, welches andauernd nach der Entfernung des Labyrinths in gleicher Stärke bestehen bleibt. Bläst man wie oben angegeben die Taube an und werden dabei die charakteristischen Bewegungen des linken Unterschnabels ausgeführt, so bleibt doch dabei der rechte ganz unbeweglich. Im Verlauf von Wochen, werden diese Störungen, soweit sie auf Verschiedenheiten zwischen den beiden Unterschnäbeln beruhen, wieder ziemlich ausgeglichen, nur das letzterwähnte Symptom beim Anblasen des Thieres bleibt unverändert bestehen. Die beiderseitige Schwäche nimmt einige Zeit lang nach der Operation noch etwas zu.

Sobald alle Symptome constant geworden sind, kann man zur Operation auch auf der linken Seite schreiten. Zunächst sind nun wieder die gleichen Unterschiede zu beobachten wie nach dem Verlust des ersten Labyrinths, nur dass jetzt natürlich

der linke Unterschnabel der weniger gut functionirende ist. In Bezug auf ihr Verhalten beim Anblasen sind aber jetzt beide Schnabelhälften gleich geworden, indem sie dabei beide gleich unbeweglich bleiben. Später werden dann auch die übrigen Symptome beiderseits wieder gleich, und die Kiefermuskulatur beider Unterschnäbel der labyrinthlosen Taube unterscheidet sich dann dauernd von der normaler Thiere durch eine gewisse Schwäche, den Mangel der beschriebenen Reflexe beim Anblasen und durch ein weniger vollständiges Schliessen einer Schnabelhälfte, wenn man sie in der oben beschriebenen Weise allmählig entlastet, während die andere belastet bleibt.

Kapitel IX.

Beobachtungen an Dohlen, Kakadus, Salamandern, Fröschen, Kaninchen und Hunden.

Bei der Schilderung der nachfolgenden Beobachtungen bestand nicht die Absicht, vollständige Krankheitsbilder zu geben, sondern nur auf gewisse Eigenthümlichkeiten der Anomalien aufmerksam zu machen, welche sich bei diesen Thieren besser als bei anderen beobachten lassen. Die Operationen bestanden stets in der Entfernung des ganzen Labyrinths auf einer oder auf beiden Seiten.

Beobachtungen an Dohlen (Monedula).

Diese Thiere sind dadurch ausgezeichnet, dass man ihnen ein ganzes Labyrinth fortnehmen kann, ohne dass sie deutliche Störungen zeigen. Sobald man sie aus dem Taubenhalter, den man für sie ebenfalls verwenden kann, herausgenommen hat, fliegen sie fort, hüpfen von Ast zu Ast und zeigen auch auf der Drehscheibe keine irgendwie nennenswerthen Abweichungen von dem normalen Verhalten. Nur bei genauesten Prüfungen findet man an ihnen die uns von den Tauben her bekannten Störungen in ganz geringem Maasse angedeutet. In diesem Verhalten der Thiere tritt auch im Verlauf der Zeit keine Aenderung ein. Nie kommt es zu Kopfverdrehungen.

Man darf aber keineswegs glauben, dass deswegen bei den Dohlen das Labyrinth eine geringere Bedeutung für die Muskelbewegungen hätte, als bei den anderen Vögeln. Nimmt man nämlich auch noch das zweite Labyrinth fort, so treten jetzt die bekannten Störungen der labyrinthlosen Thiere mit grösster Heftigkeit ein. Der Kopf hängt herunter wie eine Bleikugel, die an einem Läppchen befestigt ist. Das Fliegen ist ganz unmöglich geworden, und das Thier kann sich nicht einmal auf seinen Beinen halten. Während es ferner noch im Besitz eines Labyrinths so kräftig mit dem Schnabel in den Finger biss, dass man einen starken Schmerz verspürte, ist die Kieferkraft nach Verlust auch des zweiten Labyrinths ganz gering geworden.

Es findet also bei diesen Thieren nur eine ausserordentlich weitgehende Vertretung des einen Labyrinths durch das andere statt, im übrigen sind aber die Functionen derselben nicht von denen anderer Vögel verschieden.

Beobachtungen an Kakadus.

Bekanntlich benutzen die Kakadus den Schnabel und die Pfoten in ganz besonderer Weise. Mit dem ersteren halten sie sich beim Klettern fest und lassen sich an ihm herunterhängen ohne sich sonst festzuhalten. Die Pfoten gebrauchen sie wie Hände, um die Nahrung zu ergreifen und sie zum Schnabel zu führen. Mir standen 3 Kakadus zur Verfügung, von denen aber nur einer die doppelseitige Operation längere Zeit überlebte. Die Störungen im Gebrauch des Schnabels und der Pfote waren sehr interessant, und bei beiden zeigte sich der Verlust an Kraft aufs deutlichste.

Beobachtungen an Salamandra maculosa.

Man kann die Salamander in genau der gleichen Weise operiren wie dies unten für den Frosch angegeben werden wird. Ich untersuchte an diesen Thieren ob durch den Mangel

der Labyrinthe die Coordination der Gangbewegungen gestört wird. Der gehende Salamander bewegt seine Beine stets in folgender Reihenfolge: rechtes Vorderbein, linkes Hinterbein, linkes Vorderbein, rechtes Hinterbein. Dabei folgen sich die einzelnen Bewegungen in sehr gleichen Zeitabständen und eine Coordinationsstörung würde sehr leicht zu beobachten sein. Es trat aber weder bei den einseitig noch bei den doppeltseitig labyrinthlosen Thieren eine solche ein, und es war nur sehr interessant zu sehen, wie nach einseitiger Operation die gekreuzten Beine beim Gehen abnorm hoch gehoben wurden, während die gleichseitigen häufig den Boden streiften.

Beobachtungen am Frosch.

Operationsmethode.

Auch am Frosch habe ich immer das ganze Labyrinth doppelseitig oder einseitig entfernt und besitze bisher keine Erfahrungen über Operationen an einzelnen Bogengängen. Das Labyrinth liegt in einer rundlichen Knochenkapsel, die man entweder vom Rücken oder vom Rachen her öffnen kann, um den Inhalt zu entfernen.

Schrader[1]) hat die letztere der beiden Methoden angegeben und dadurch die Untersuchung labyrinthloser Frösche wesentlich erleichtert. Die Operation lässt sich so einfach und leicht ausführen, dass Schrader keine besondere Beschreibung seiner Methode für nöthig erachtete. Dennoch möchte ich einige Winke geben, die freilich nicht sonderlich wichtig, wohl aber die Schnelligkeit und Sicherheit, mit der man die Entfernung des Labyrinths ausführen kann, erhöhen. Man wähle stets weibliche Thiere von Rana esculenta, bei denen man das Othollithensäckchen am besten durch den Knochen durchschimmern

1) Schrader, M. Zur Physiologie des Froschgehirns. Pflüger Arch. Bd. 41. 1887.

sieht. Gerade über dem kleinen weissen Fleck, der von dem durchschimmernden Otholithensäckchen herrührt, bohrt man mit einem Metallbohrer von 0,7 mm Durchm. (vergl. Fig. 37) aus freier Hand ein Loch, bis man mit dem Bohrer in die Ohrhöhle einsinkt. Dies Loch wird mit dem in Fig. 49 abgebildeten Bohrer[1]) erweitert bis auch er in die Ohrhöhle unbehindert eindringen kann. Nun wird zunächst das Otholithensäckchen mit einer Nadel zerstört und der milchige Inhalt mit einer Spritzflasche oder unter der Wasserleitung entfernt. Ist so das Operationsfeld wieder klar geworden, so gehe ich mit dem Excavator N. 112 (Fig. 23) ein und wenige Bewegungen mit ihm nach der Seite hin, wo der Acusticus in die Gehörkapsel eintritt, genügen um das ganze Labyrinth loszulösen. Man zieht es dann mit einer spitzen Pincette in toto heraus und bringt es zur genaueren Controlle in ein Uhrschälchen mit Wasser.



Fig. 49.

Der Bohrer zur Eröffnung der Ohrhöhle des Frosches in natürlicher Grösse.

Ganz analog der eben beschriebenen Operation vollzieht sich die Entfernung des Labyrinths vom Rücken aus. Nur muss man hier erst die über dem Felsenbein liegenden Muskeln zur Seite schieben, bevor man den Knochen anbohren kann. Zu einer Blutung kommt es auch bei dieser Methode nicht, aber die Schradersche Methode ist bequemer. Man wird die Methode vom Rücken aus zu operiren daher nur ausnahmsweise anwenden z. B. wenn es sich um schnelle Entfernung des Labyrinths handelt, während das Thier behufs Aufnahme von Muskelcurven oder dergleichen befestigt ist. In solchen Fällen kann man dann alles vorbereiten und braucht im gegebenen Augenblick nur das Labyrinth herauszuheben.

---

[1]) Bohrer für die Cavität, Knospenform Nr. 69 von Ash und Sons.

Doppelseitig operirte Thiere.

Sofort nach der Operation zeigen die Thiere sehr lebhafte und stürmische Bewegungen. Sie springen schief und steil in die Höhe, überschlagen sich, verdrehen Arme und Beine und können sich, auf den Rücken gefallen, nur mit grosser Mühe wieder aufrichten. Ermüdete Thiere ertragen die Rückenlage lange Zeit. Ein regelrechter Sprung kommt nicht mehr zu Stande. Im Wasser ziehen sie die Beine ganz unregelmässig an und stossen sie ebenso unregelmässig von sich. Häufig berühren beim Anziehen der Beine die Hinterpfoten den Kopf. Der Körper dreht sich um die Längsachse und kommt gar nicht oder nur langsam vorwärts. Die Hinterbeine werden alternirend, nicht wie beim regelrechten Schwimmen der Frösche gleichzeitig nach hinten gestossen. Diese Erscheinungen sind mehr oder weniger vollständig schon oft beschrieben worden, auch habe ich schon die wichtige Angabe, die Schrader gemacht hat, besprochen, dass solche Frösche nicht mehr auf der Drehscheibe reagiren. Aber ich habe noch allerhand hinzuzufügen.

Versuch 54 —— Hängt man den Frosch im Wasser auf, so lässt er beide Beine hängen, während er sie vor der Operation ganz an den Körper heranzog oder wenigstens bis zum rechten Winkel hob. Ist dieser Unterschied nicht von vornherein deutlich, so kann man ihn durch Anbinden kleiner Gewichte an die Beine oder durch Erschütterungen, durch die man das ganze Thier reizt, leicht erkennbar machen.

Sitzt der Frosch auf einer glatten Unterlage, so kann man ihm leicht ein Bein leise fortziehen und in stark abducirte Stellung bringen, ohne dass dies Bein wieder angezogen würde. Sehr gut lassen sich diese Erscheinungen studiren, wenn man das Thier auf Quecksilber, das sich in einer nicht zu kleinen Schale befindet, setzt. ——

Der labyrinthlose Frosch quakt beim Streichen über den Rücken ähnlich wie das grosshirnlose oder das geblendete Thier. Doch ist die Kraft seiner Stimme nicht ganz die normale. Man constatirt dies folgendermaassen. Aus einer Anzahl von Fröschen, denen man durch den Goltz'schen Stich das Gehirn abgetrennt hat, wählt man zwei Thiere aus, welche möglichst gleich stark quaken, wenn man mit dem nassen Finger über ihre Rückenhaut streicht. Nun werden dem einen von den beiden die Labyrinthe entfernt und er quakt nun leiser als das Vergleichsthier.

Einseitig operirte Thiere.

Nach der Fortnahme nur eines Labyrinthes zeigt der Frosch durchaus nicht die Hälfte sondern nur einen kleinen Bruchtheil der Störungen des doppelseitig operirten Thieres. Doch bieten diese verhältnissmässig geringen Störungen gerade sehr wichtige Anhaltspunkte für die Erkenntniss der Labyrinthsfunctionen dar. Setzt man das Thier auf den Tisch, so bemerkt man für gewöhnlich nur eine fehlerhafte Kopfhaltung, wie das die Fig. 50 zeigt, d. h. der Kopf ist um seine Längsachse (Kieferachse) gedreht, so dass die operirte Seite tiefer zu stehen kommt. Man achte auf den Unterschied in der Kopfhaltung eines auf einer Seite operirten Frosches und eines nach der anderen Seite gedrehten normalen Thieres. Letz-



Fig. 50.

Die Stellung des einseitig (rechts) labyrinthlosen Frosches.

teres dreht den Kopf um die Scheitelachse, wie es Fig. 51 zeigt. Diese fehlerhafte Kopfhaltung des operirten Frosches kann nach längerer Zeit an Intensität abnehmen, bleibt aber immer etwas bestehen und tritt mit ursprünglicher Stärke sofort wieder auf, sobald man den Frosch aus seiner Ruhe stört.

Bringt man den Frosch aber ins Wasser so merkt man bald, dass die fehlerhafte Kopfhaltung durchaus nicht die einzige an ihm wahrnehmbare Störung ist. Rechts — wir nehmen wie immer an, das Thier sei rechterseits operirt — sinkt er tiefer ins Wasser ein; er scheint auf dieser Seite specifisch schwerer zu sein. Und wirklich ist er es auch, denn wenn wir genau zusehen, so ist seine linke Seite mehr gewölbt als die rechte und seine Lungen liegen nicht mehr symmetrisch im Körper.



Fig. 51.

Die Stellung des normalen Frosches während der Rotation nach links. (Nach dem cyclostatischen Bilde gezeichnet.)

Auch seine Wirbelsäule ist schwach nach rechts gekrümmt, dass es aber weder diese Verkrümmung, noch die Verdrehung des Kopfes ist, welche in erster Linie das tiefere Einsinken in's Wasser auf der rechten Seite veranlassen, das ergiebt sich aus der fast völligen Rückkehr zur normalen Lage, wenn man beide Lungen entfernt.

Im Wasser fällt auch sogleich die asymmetrische Haltung der Extremitäten auf, sobald das Thier nach einigen Schwimmbewegungen zur Ruhe gekommen ist. Linkerseits wird Arm und Bein abnorm gehalten und zwar besonders der linke Arm. Während sich nämlich die rechten Extremitäten in normaler Weise gekrümmt an den Körper anlegen, sind die linken weniger

zusammengelegt, d. h. alle Gelenkwinkel sind stumpfer, der linke Arm ist sogar häufig nach aussen oder auch nach hinten gestreckt, und die Volarfläche der Hand sieht dann nach oben (ähnlich wie in Fig. 52). Sehr merkwürdig ist auch die Stellung, die der Frosch einnimmt, wenn man ihn im Wasser aufhängt:

Versuch 55 —— An einem Faden oder Draht, der durch die Nase gezogen ist, wird der Frosch so aufgehängt, dass sich der grösste Theil des Körpers unter Wasser befindet. Dann hängt das linke Hinterbein stets tiefer herab als das rechte, und was besonders interessant ist, das ganze Thier ist spiralig gedreht. Geht man von der Lage des Kopfes aus, so erscheint der Rumpf unter ihm nach rechts gedreht und die Beine wiederum unter dem Rumpf ebenfalls nach rechts gedreht. Durch letztere Drehung kommt das rechte Bein und besonders das rechte Fussgelenk hinter das linke zu stehen. Macht der Frosch Anstrengungen, um sich zu befreien, so dreht er sich beständig linksherum, was man dadurch verhindern kann, dass man ihn an einem Draht aufhängt. ——

Die fehlerhafte Haltung der linken Extremitäten ist auch ausserhalb des Wassers ebenso deutlich zu sehen, wenn man das Thier etwas ermüdet.

Versuch 56 —— Wir legen den Frosch wiederholentlich auf den Rücken und lassen ihn sich wieder umdrehen. Gewöhnlich schon nach dem 3. oder 4. Male bleibt das linke Bein in stark abducirter Stellung auf dem Tisch liegen und wird erst gelegentlich nach längerer Zeit wieder angezogen. Ebenso bleibt der linke Arm nach aussen oder hinten gestreckt liegen, eventuell mit der Volarfläche der Hand nach oben. (Fig. 52). ——

Warum zieht der Frosch die linken Extremitäten nicht an? Der rechts operirte Frosch dreht sich *ausnahmslos* um das

linke gestreckte Bein, wenn er sich aus der Rückenlage in die Bauchlage begiebt, und fast möchte es daher scheinen, als ob ihm schliesslich nur die Kraft fehlte, um das auf dem Tisch gewissermassen festklebende linke Bein nach der Wendung wieder an den Körper heranzuziehen. Um uns hierüber Klarheit zu verschaffen, bringen wir den Frosch in die schon erwähnte



Fig. 52.

Die Stellung des einseitig (rechts) labyrinthlosen Frosches, nachdem er sich aus der Rückenlage umgedreht hat.

Schale mit Quecksilber und finden, dass die Erscheinung auf der glatten Unterlage nur um so leichter und stärker zu Stande kommt.

Und noch einem andern Erklärungsversuch möchte ich gleich begegnen. Nach solchen wiederholten Umlegen des Frosches hält er auch seinen Kopf besonders schief. Er dreht ihn noch stärker wie zuvor nach links und hebt in Folge dessen die linke Schulter höher als die rechte. Man könnte hiervon die fehlerhafte Haltung, wenigstens die des linken Arms, ableiten

wollen. Aber erstens würde diese Erklärung nur für den Arm zutreffen können, wir sehen aber dieselbe Störung auch am linken Bein, und zweitens wäre sie ganz unzureichend für den Frosch im Wasser. Denn im Wasser ist die Stellung des Armes von der Haltung der Schulter nicht in der Weise abhängig wie auf dem Tisch, wo sich der Arm auf den Boden stützen soll.

Diese fehlerhafte Haltung der Extremitäten auf der gekreuzten Seite scheint den Autoren bisher ganz entgangen zu sein. Schiff[1]) erwähnt zwar, dass nach dem Sprung das Bein der gekreuzten Seite zuweilen etwas langsamer angezogen würde, aber er fügt hinzu: „Ce dernier symptôme n'a pas pu toujours être observé.“ Er spricht ausserdem gar nicht von einer abnormen Haltung des Beins. Auch in Betreff der Arme hat Schiff die Erscheinung nur gestreift. Er sagt die Frösche sässen normal da, aber wenn man sich ihnen nähere, so streckten sie den gekreuzten Arm aus. Es soll dies eine Abwehrbewegung sein, indem jede Erschütterung das noch vorhandene Labyrinth reizt und eine Rotation vortäuscht. Diese Rotationsempfindung würde normaler Weise durch das andere Labyrinth compensirt werden.

Aber gerade die abnormen Stellungen des Thieres sind das wichtigste Symptom der einseitig operirten Frösche, nicht die abnormen Bewegungen. Denn letztere sind, namentlich nach längerer Zeit und wenn Gelegenheit zur Uebung gegeben ist, nicht sehr von denen eines unversehrten Thieres verschieden. Der Sprung ist noch regelrecht und kräftig, im Wasser werden noch die bekannten eleganten Schwimmstösse mit beiden Beinen zugleich ausgeführt. Die Fliege wird noch im Sprunge erhascht und ohne Mühe verschluckt.

---

1) Schiff, M. Sur le role des rameaux non auditifs du nerf acoustique. Arch. des sciences physiques et naturelles. Troisième periode, Tome XXV, 15 Févr. 1891.

Auch des Frosches Verhalten auf der Drehscheibe ist nur wenig von dem des normalen Thieres verschieden. Nach meinen Erfahrungen findet eine Abschwächung aller Reactionen statt, die allerdings bei denjenigen Bewegungen, welche nach der operirten Seite hin erfolgen, also beim Schwindel während der Linksdrehung und beim Nachschwindel in Folge von Rechtsdrehung, sehr viel geringer ist (vergl. p. 153).

Versuch 57 — Einem Frosch ist durch den Goltz'schen Stich das Grosshirn abgetrennt. Er zeigt sehr vollkommen die Erscheinungen der sogenannten Froschbussole d. h. er wendet nicht nur den Kopf, wenn er gedreht wird, sondern auch bei weiterer Drehung den ganzen Körper, so dass er stets dieselbe Himmelsrichtung mit erstaunlicher Genauigkeit beibehält. Nun wird ihm rechts das Labyrinth entfernt und sowohl unmittelbar darauf, wie auch nach vielen Wochen sind dadurch die Bewegungen, die der ganze Körper ausführte, erloschen. Beim Schwindel wie beim Nachschwindel findet aber noch eine Reaction mit dem Kopf nach beiden Seiten statt, wobei die Bewegungen nach links bedeutend mehr als die anderen abgeschwächt sind. —

Dieser Rest von Reaction nach links und die Abnahme der Reaction nach rechts sind von Wichtigkeit, weil sie beweisen, dass beide Labyrinthe sich an dem Zustandekommen aller Reactionen betheiligen, wenn auch in verschiedenem Maasse. Jedes Labyrinth bewirkt vorzugsweise, aber nicht ausschliesslich die Reaction nach der gekreuzten Seite. Ich stimme also Schiff nicht ganz zu, wenn er an seine diesbezüglichen Beobachtungen anknüpfend sagt: On voit pourquoi contrairement à l'opinion de beaucoup d'auteurs les canaux du labyrinthe à gauche ne peuvent pas compenser la perte de ceux du côté droit. Chacun des six canaux doit avoir un rôle spécifique.

Wir haben nun noch ein Symptom zu besprechen, welches

wohl das interessanteste, wenn auch nicht das auffallendste ist, das man an einseitig operirten Fröschen beobachten kann.

Versuch 58 —— Nachdem einem Frosch das Labyrinth rechts entfernt worden ist, wird er sofort in ein grosses Wasserbassin geworfen. Er nimmt die Bauchlage ein, hat den Kopf, wie schon erwähnt nach rechts gedreht und bewegt sich lebhaft mit Armen und Beinen. Aber die rechten Extremitäten, besonders die rechten Beine bewegen sich weit lebhafter und machen weit grössere Bewegungen als dies auf der linken Seite der Fall ist. Ja es kommt vor, dass das linke Bein ganz in Ruhe bleibt, während sich das rechte mit grosser Hast bewegt. Seine Bewegungen sind in den ersten Secunden gewöhnlich sehr anormal, können dann aber bald in ganz gute Schwimmbewegungen übergehen, ohne dass der Unterschied in der Beweglichkeit des rechten und linken Beines sich änderte. Setzt man den Frosch auf Quecksilber, so sieht man häufig in diesem Stadium wie das linke Bein an den Körper angezogen wird, ganz wie das rechte, wie es dann aber wieder vom Körper sich etwas entfernt, gewissermassen nach hinten abrutscht, dann wieder angezogen wird und so einigemale hintereinander. ——

Da der Unterschied in der Beweglichkeit der beiderseitigen Extremitäten schon nach einigen Stunden meist verschwunden ist, so könnte man hierin eine Reizerscheinung vermuthen. Es ist aber sicher eine Ausfallserscheinung, weil man sie unter geeigneten Bedingungen noch nach Monaten und Jahren (besonders gut an Tauben) wieder hervorrufen kann. Es tritt nur leicht eine Compensirung des Ausfalls ein und deshalb verwischt sich sehr bald das ursprüngliche so augenscheinliche Bild.

Wir sehen einen Unterschied in der Beweglichkeit beider Beine, aber welches ist dann das sich in dieser Beziehung normal verhaltende und auf welches hat das Labyrinth störend eingewirkt? Wenn man einen normalen Frosch ins Wasser wirft,

so ergreift er möglichst behende die Flucht. Wir sehen auch nach irgend welchen Eingriffen, welche ein Forteilen unmöglich machen, z. B. nach Durchschneidung der Achillessehnen, dass das Thier durch die heftigsten Bewegungen, den Wunsch zu entfliehen, erkennen lässt. Danach wäre also das linke Bein, das sich so lebhaft bewegt, das normale. Dann tritt nach Operationen am Labyrinth der Taube, wie übereinstimmend alle Berichte und auch meine eigenen Erfahrungen lauten, stets eine Unlust zur Bewegung auf. Was für die Taube und für den ganzen Körper gilt, sollte doch auch für die Extremitäten des Frosches gelten, und so wäre auch hiernach für unseren Fall anzunehmen, dass das gleichseitige Bein mehr, das gekreuzte weniger geschädigt ist. Aber nach allem, was wir bisher an unserem Frosch beobachtet haben, sind es ja die linken Extremitäten, die sich abnorm verhalten. Das linke, also das beweglichere Bein, wird anormal gehalten, nicht zugleich mit dem anderen angezogen u. s. w.! Die Erklärung liegt in der relativ stärkeren Schädigung der Streckmuskulatur auf der operirten Seite (vergl. p. 50) und in dem Umstande, dass bei der normalen Ruhelage die Beine angezogen sind.

Beobachtungen an Kaninchen.

Im ganzen eignen sich diese Thiere nicht sehr gut zur Untersuchung der Labyrinthstörungen. Ich erwähne sie hier nur, weil sie ein Symptom allerdings so ausgesprochen zeigen, wie man es weder beim Hund noch bei der Katze sehen kann. Es sind dies die Rollungen kurze Zeit nach der Fortnahme eines Labyrinths.

Legt man ein solches Thier auf den Boden, so rollt es durch das ganze Zimmer hindurch, und man kann bei ihm mit grösster Schärfe den Grund für dieses Rollen feststellen. Wie bei allen einseitig labyrinthlosen Thieren werden die gekreuzten

Extremitäten gestreckt und abducirt gehalten, sind aber dabei beweglich. Die gleichseitigen Extremitäten sind flectirt und adducirt, d. h. sie werden an den Körper angelegt. Zu gleicher Zeit sind sie unbeweglich. Setzt man daher das Kaninchen auf den Boden, so neigt der Körper in Folge der Streckung der Beine der gekreuzten Seite, zur operirten Seite hinüber und fällt, da er hier an den angezogenen Beinen keine Stütze findet, nach dieser Seite um. Auf dem Rücken liegend benutzt das Kaninchen allein die Beine der gekreuzten Seite, um sich wieder umzuwenden, wobei es dieselben unter dem Körper durchzieht und daher die rollende Bewegung in derselben Richtung fortsetzt. Diese selben Beine werden aber sofort wieder gestreckt, wenn die Bauchlage erreicht ist, und damit wiederholt sich das Spiel immer von Neuem. Wenn man aufmerksam zusieht, bemerkt man leicht, dass die gleichseitigen Beine bei den Rollungen überhaupt nicht bewegt werden, sondern stets ruhig am Körper angezogen bleiben. Es sind also allein die gekreuzten Beine, welche diese Bewegungen ausführen.

Beobachtungen an Hunden.

Operationsmethode.

Um das Labyrinth ganz auszuschalten, kann man den Octavus innerhalb der Schädelkapsel dicht vor seinem Eintritt in den Meatus acusticus internus durchschneiden. Diese Methode, auf die ich mich auch eingeübt habe, erscheint mir jedoch nicht sehr glücklich. Man geht durch ein Trepanloch des Schädels mit einem Pfriemen ein, der sich vorn zu einem ganz kurzen Messerchen abflacht, ähnlich wie das Stichmesser Fig. 25. Man durchbohrt also die Gehirnsubstanz, und wenn man mit der Spitze des Messerchens an die Oeffnung des inneren Gehörgangs gelangt ist, so durchschneidet man den Octavus mittels hebelnder Bewegungen des Instruments. Nicht

nur, dass man während der Operation völlig im Dunkeln tappt, nicht nur, dass man bei der Operation und später intra vitam kein genügend sicheres Merkmal hat, um zu entscheiden, ob die Durchschneidung nach Wunsch ausgefallen ist, d. h. ob auch alle Fasern des Octavus durchtrennt wurden, es ist häufig auch post mortem, wenn man auch recht sorgfältig bei der Section zu Werke geht, gar nicht möglich mit Sicherheit die Vollständigkeit der Operation festzustellen. Denn die Durchschnittsstelle des Nerven befindet sich tief an der Basis des Schädels, wohin man durch das harte Felsenbein nur schwer gelangen kann, und von innen her ist es auch nicht leicht beizukommen, um so weniger, wenn Blutergüsse oder Narbengegewebe die Uebersicht erschweren. Schliesslich muss man noch zu der umständlichen mikroskopischen Untersuchung seine Zuflucht nehmen. Bei alle dem ist das Gehirn bei der Operation mitverletzt worden, und wenn auch ein solcher Stich für gewöhnlich symptomlos verlaufen mag, so ist man doch im gegebenen Fall, bevor es zur Section gekommen ist, nie ganz gewiss, ob sich nicht doch von Seiten des Gehirns oder seiner Häute Störungen zu den beabsichtigten summirt haben. Es gehört Schiff's Ausdauer und Geschicklichkeit dazu, um mit dieser Methode so gute Resultate erzielen zu können.

Dagegen ist die Operation von aussen her, bei welcher man nicht den Nerv durchschneidet, sondern das Labyrinth aushebt, leicht, sicher und ohne Nebenverletzungen ausführbar. Man verfährt hierbei folgendermaassen:

Der Hund wird in der Bauchlage narkotisirt. Die Ohrmuschel und der knorplige Gehörgang wird mit der Scheere bis zum knöchernen Gehörgang durch einen Schnitt gespalten, der am äusseren hinteren Umfang des Ohres geführt wird. Man hüte sich zu weit nach vorn zu gelangen, denn die Parotis soll vor dem Schnitt bleiben. Dann verlängert man den Hautschnitt

nach unten und bohrt sich mit einem stumpfen Instrument, bei grossen Hunden mit dem Finger, einen Weg bis man zur leicht durchzufühlenden, rundlichen Bulla ossea gelangt. Indem man immer so dicht wie nur möglich am Knochen bleibt, lässt man die Vena jugul. und die Art. carot. extern. unberührt aussen liegen. Doch kann man auf diese Weise nicht ganz bis zum Knochen der Bulla vordringen. Sie bleibt noch bedeckt vom Musc. digastricus, der an ihrem hinteren Umfange festgewachsen nach vorn zum Unterkieferwinkel zieht. Derselbe wird an seinem Ursprung mit dem Messer durchschnitten und dann nach vorn geschoben. Mit einer kleinen Beisszange, einem sogenannten Papageischnabel, wird nun auch der knöcherne Gehörgang aufgebrochen und die ganze äussere untere Wand der Bulla ossea abgetragen. Bei dieser Gelegenheit werden das Trommelfell und die Gehörknöchelchen gewöhnlich mit herausgerissen. Die Blutung ist keine erhebliche und kann ohne Ligaturen durch kaltes Wasser gestillt werden. Doch warte man auch ab, bis sie wirklich ganz aufgehört hat und fahre dann erst mit der Operation fort.

Der Kopf des Thieres wird nun so weit herumgedreht, dass das eröffnete Ohr gerade nach oben steht und man bequem in die Paukenhöhle hineinsehen kann. Hierzu ist bei der grossen Tiefe der Wunde freilich eine Beleuchtungsvorrichtung unentbehrlich. Ich benutze einen Stirnspiegel, der das Licht einer Laterna magica auffängt und in die Wunde reflectirt. Man sieht nun sofort die Fenestra rotunda am Beginn eines nach vorn verlaufenden und sich hier verjüngenden Wulstes. Der Inhalt dieses Wulstes ist die Schnecke. Ein wenig nach oben und vorn von der Fenestra rotunda und unmittelbar anstossend an den Schneckenwulst erblickt man die Fenestra ovalis. Sollte in ihr der Steigbügel noch stecken, so wird er mit der Pincette herausgezogen. Direct nach vorn von der Fenestra ovalis und daher angrenzend an den vorderen Theil des Schneckenwulstes

befindet sich der M. tensor tymp. in einer rundlichen Höhlung und theilweise bedeckt von einer Knochenlamelle.

Mit der Fortschaffung des M. tensor tymp. beginnt man am besten die weitere Operation, zu der ganz ausschliesslich ein grosser löffelförmiger Excavator (Nr. 9) zur Verwendung kommt. Die den Muskel bedeckende Knochenlamelle wird abgebrochen und der ganze Muskel aus seiner Höhlung herausgerissen. Man macht sich auf diese Weise das Operationsfeld freier. Nun kommt die Ausräumung der Schnecke. Von der Fenestra rotunda ausgehend bricht man nach vorn die Decke des Wulstes fort und kratzt die Windungen aus. Bei grossen Hunden ist die Wand zwischen der ersten und zweiten Windung so dick, dass sie einen starken Widerstand bietet. Man darf sich dadurch nicht verleiten lassen und die Wand schon für das Ende der Schnecke halten. Erleichtert wird das Abbrechen dieser Wand, wenn man anstatt weiter nach vorn zu dringen erst die Spitze der Schnecke ausräumt, weil man hier die Decke des Wulstes leicht abtragen kann. Es wird dadurch die Wand zwischen den ersten beiden Schneckenwindungen von beiden Seiten freigelegt, und sie wiedersteht dann nicht länger der zerstörenden Wirkung des Excavators. An der Basis des leeren Schneckengehäuses, fast genau unter der Stelle, wo sich die Fenestra rotunda befand, gewahrt man sofort den Nerv. Octavus und kann sich mit einer feinen Nadel davon überzeugen, dass man durch ihn hindurch in die Schädelhöhle eindringen kann.

Es erübrigt jetzt noch das Vestibulum frei zu legen. Man bricht seine Decke von der Fenestra ovalis aus ab, sich etwas nach hinten und unten haltend. Nun kann es leicht sein, dass noch der hintere obere Rand des knöchernen Gehörgangs den freien Blick über diese hintersten Partien der Paukenhöhle beengt. Man hilft mit der Knochenzange nach, und damit ist dann die Operation, so weit sie die Eröffnung der knöchernen Labyrinthkapsel betrifft, beendet. Das Herausnehmen der Reste

des häutigen Labyrinths geschieht mit einer feinen Pincette. Die Ampullen der Bogengänge sowie Stücke der Bogengänge selbst lassen sich gewöhnlich im Zusammenhange mit dem noch vorhandenen Rest des Vestibulums entfernen. Auf dem Grunde der Höhlung des letzteren sieht man zwei grössere Löcher. Das eine von ihnen liegt genau nach oben von der Eintrittsstelle des Octavus und enthält die Ampullenenden des Canal. ant. und ext. Das andere Loch liegt nicht so weit nach oben aber etwas mehr nach hinten und enthält das Ampullenende des Canal. post. Man kann leicht mit einem kleinen Excavator (Nr. 111) in die Löcher eingehen und sich davon überzeugen, dass die Ampullen der Kanäle entfernt sind. Von den Kanälen selbst können allerdings Reste im Knochen zurückbleiben. Aber das hat nichts auf sich. Denn erstens enthalten sie ja keine nervösen Elemente mehr, und dann gehen sie unter diesen abnormen Bedingungen in wenigen Tagen vollständig zu Grunde. Zum Schluss umkreist man mit dem kleinen Excavator den Stumpf des Octavus und überzeugt sich so in sicherster Weise, dass die Operation gelungen ist, d. h. dass sich kein Endorgan mehr an ihm befindet.

A. Die Störungen nach doppelseitiger Entfernung des ganzen Labyrinths.

a) Kurze Zeit nach den Operationen.

Es empfiehlt sich die beiderseitige Entfernung des Labyrinths einzeitig auszuführen, wenn man die Störungen ganz rein beobachten will. Sicherer geht man allerdings bei zweizeitiger Operation, da die Herausnahme jedes Labyrinths viel Zeit in Anspruch nimmt und eine grosse Wunde hinterlässt. Aber zu der Abschwächung, welche die Symptome des labyrinthlosen Thieres erleiden, falls die zweite Operation der ersten nach längerem Zwischenraum folgt, kommt noch eine Asymmetrie der

Störungen hinzu, die nur indirect von dem Mangel der Labyrinthe abhängt.

Nach einseitiger Entfernung des Labyrinths entstehen nämlich asymmetrische Störungen, welche grösstentheils durch Ersatzerscheinungen compensirt werden. Letztere sind daher auch asymmetrisch, und wenn dann das zweite Labyrinth entfernt wird, wodurch die Asymmetrie der ursprünglichen Störungen nach der ersten Operation aufgehoben werden würde, so bleibt in Folge der asymmetrischen Ersatzerscheinungen eine Ungleichheit in der Function beider Körperhälften bestehen, welche bei einzeitiger Entfernung des Labyrinths nie zu beobachten ist.

Besprechen wir also hier zunächst die Folgen der einzeitigen doppelseitigen Operation. Wie unten im Versuch 84 geschildert, sieht man während der Zerstörung des Labyrinths einen durch den directen mechanischen Reiz verursachten Nystagmus beider Augen mit stürmischer Heftigkeit auftreten, der während der Zerstörung des Organs seine Richtung mehrfach ändert, bis er in Folge des Functionsausfalls des ganzen Organs constant wird oder ganz verschwindet (vergl. p. 158). Dieselbe Erscheinung wiederholt sich bei der Herausnahme des Labyrinths auf der anderen Seite. Im übrigen bemerkt man an dem narkotisirten und gefesselten Thier keine weiteren abnormen Bewegungen, wohl aber, wenn die Narkose nicht mehr zu tief ist, zwei auf eine Lähmung zurückzuführende Symptome, die durch eine unbezweckte, aber schwer zu vermeidende Nebenverletzung, nämlich durch die Schädigung des Nerv. facialis, bedingt sind. Erstens können die Augen zwar noch ganz geöffnet aber nicht mehr ganz geschlossen werden, und zweitens sind die Lefzen gelähmt. Beide Symptome bleiben dauernd, haben aber keine besonderen Nachtheile zur Folge. Bei einiger Pflege der Augen kommt es ausser zu einem Conjunctivalkatarrh zu weiter keinen Störungen und auch die Lefzen bleiben im Uebrigen normal und gerathen nicht beim Kauen zwischen die Zähne.

Einige Stunden nach der Operation, wenn keine Nachwirkung mehr von der Narkose vorhanden ist, zeigt das Thier genau dieselben Störungen wie einige Tage später, nur in erhöhtem Maasse. Der Augennystagmus verschwindet sogar meist schon nach 20—30 Stunden. Es ist daher lehrreich diese ersten Symptome zu studiren. Auffallend ist sofort der Gang des Thieres, der zwar keine Asymmetrie aber ein allgemeines Schwanken zeigt, welches ausserordentlich an das gleiche Symptom der Alkoholvergiftung erinnert. Der Kopf schwankt um die Kieferachse, neigt sich also nach rechts und links und wird tiefer als sonst getragen. Dabei sitzt er ganz lose auf den Schultern, wovon man sich besonders bei kleinen Hunden leicht durch Schütteln des ganzen Thieres überzeugt. Auf glattem Boden rutschen die Füsse nach aussen oder hinten leicht aus, und das Thier kommt auch dabei zuweilen zu Fall. Hat sich das Thier niedergelegt, so bleibt das eine oder das andere Bein in abducirter Stellung liegen. Beim Fallthürversuch wird der Fuss nur langsam aus der Versenkung gezogen. Nimmt man die Vorderbeine des Thieres in die Hand und lässt es auf den Hinterfüssen marschiren, so bereitet dies offenbar grosse Schwierigkeiten. Vorwärts geht es noch allenfalls, aber rückwärts werden die Beine ganz unregelmässig bewegt und gewöhnlich erst dann, wenn der Körper bereits so steil steht, dass er nach hinten überschlagen würde, falls man die Vorderbeine losliesse. Aehnliche Schwierigkeiten bereitet es dem Thier, allein auf den Vorderbeinen zu gehen, wenn man seine Hinterbeine ergreift. Ich möchte auf dies Symptom besonders aufmerksam machen, weil bei diesen Versuchen die Lage und die Bewegungen des Kopfes gar keine Rolle spielen können.

Ein anderes interessantes Bild bietet der Hund dar, wenn man seinen Rücken belastet. Bekanntlich fällt es den Hunden nicht schwer Lasten zu tragen; auf grossen Hunden können ja Kinder reiten, ohne dass dabei eine Anormalität des Ganges ein-

träte. Der labyrinthlose Hund gleitet aber auch bei nur relativ geringer Belastung nach rechts und links aus und fällt sehr bald ganz um.

Ein Stück Fleisch wird dem Hunde hingeworfen. Mit Gier nimmt er es auf, kann es aber nicht hinunter schlucken. Ich stopfe es ihm so tief in den Schlund, dass es verschluckt werden muss und werfe ihm ein neues Stück vor. Dasselbe wird sofort wieder aufgenommen. Ein Abscheu vor der Nahrung liegt also nicht vor, aber auch dieses zweite Stück wird im Maul herumgewälzt und vergeblich zu verschlucken gesucht.

Das Maul lässt sich leicht öffnen und der Unterkiefer ohne Widerstand auf und ab bewegen, was nie in dieser Weise bei einem normalen Hunde der Fall ist. Während man diesen Versuch ausführt und schon einige Zeit den Kiefer bewegt, wird das Maul zuweilen ganz plötzlich und wie unabsichtlich mit Gewalt geschlossen, so dass man leicht gebissen werden kann.

Auf eine ausserordentlich merkwürdige Erscheinung hat Schiff[1]) in seiner letzten Publikation hingewiesen. Die Thiere springen nicht mehr von einer gewissen Höhe herunter. Indessen ist, nach meinen Beobachtungen, dies Symptom nur für solche Hunde zutreffend, welche schon seit einiger Zeit die Operation überstanden haben. Ich führe es bereits an dieser Stelle an, weil in dem Verhalten des Hundes kurze Zeit nach dem Eingriff die Erklärung für sein späteres Benehmen liegt. Wir setzen unsern Hund auf den Tisch. Er springt ohne Weiteres herunter, fällt aber krachend auf den Boden, nicht anders als hätte man eine Leiche vom Tisch herunter geworfen. Woran liegt das? Liegt es am Abspringen vom Tisch oder am Aufspringen auf den Boden? Der Absprung erscheint ganz normal, wenn ich auch nicht glaube, dass er wirklich ganz

[1]) l. c.

genau so wie von einem gesunden Hunde ausgeführt wird. Aber man sieht jedenfalls in der Art des Abspringens keinen Grund, weshalb das Thier nicht ganz normal auf den Boden gelangen sollte. Am Absprung liegt es also nicht, und der folgende Versuch beweist direct, dass es an der Unfähigkeit den fallenden Körper aufzufangen liegt.

Versuch 59 —— Wir haben den Hund schon vor der Operation daraufhin geprüft, aus welcher Höhe man ihn — natürlich mit den Füssen nach unten — herabfallen lassen kann, ohne dass er dabei zu Falle kommt. Wir wiederholen jetzt den Versuch mit einer bedeutend geringeren Höhe, und der Hund bricht jedesmal auf dem Boden zusammen. ——

b) Längere Zeit nach den Operationen.

Hat man sich einmal diese Symptome eingeprägt, so ist es nicht schwer sie sämmtlich, wenn auch abgeschwächt, nach beliebig langer Zeit wieder zu finden. Es giebt keine Reizsymptome im eigentlichen Sinne — wir kommen später (Kap. XIII) hierauf zurück — und es können daher die einmal entstandenen Störungen nicht wieder verschwinden, sondern nur durch Ersatzerscheinungen verdeckt werden. Will man sich von dem Fortbestehen der latent gewordenen Störungen überzeugen, so muss man die gewöhnlichen Bedingungen, an die sich das Thier angepasst hat, derart abändern, dass die Compensation durch die Ersatzmittel versagt. Wir haben dies ja schon mehrfach erwähnt.

Der labyrinthlose Hund gleitet noch nach Monaten auf glattem Boden leicht aus; er geht ein wenig schwankend; er lässt die Beine in ziemlich starker Abduction liegen, wenn man sie langsam fortgezogen hat; er geht auch jetzt noch auf zwei Beinen ungern nach vorn, ungeschickt nach hinten.

Versuch 60 —— Man ergreift die Vorderbeine des Hundes und zwingt ihn auf den Hinterbeinen rückwärts zu

gehen. Tritt hierbei keine deutliche Störung mehr hervor, so lässt man das eine Vorderbein los, wodurch seine Ungeschicklichkeit wieder bemerkbar wird.

Der Kopf schwankt zwar nicht mehr beim Gehen aber er sitzt doch noch lose auf den Schultern, wie man sich leicht überzeugt: Der Hund steht ruhig da. Man stellt sich vor ihn und nimmt seinen Kopf in die rechte Hand, indem man die Schnauze mit den Fingern umgreift. Wenn man nun den Kopf nach oben und unten, nach rechts und links hin und her bewegt, spürt man deutlich die Schlaffheit der Halsmuskulatur. Bei kleinen Hunden kann man sich, wie schon oben erwähnt, durch Schütteln des ganzen Thieres von dem Mangel an Festigkeit des Kopfes überzeugen.

Wir kommen nun zu den schon erwähnten Schiff'schen Symptomen. Ich kann diese interessanten Befunde, insofern es sich um die von Schiff angegebenen Thatsachen handelt, vollauf bestätigen. Der Hund springt nicht mehr ohne Weiteres von einer Höhe herab, die ihm vor der Operation nicht die geringste Schwierigkeit bot. Aber ich stimme nicht mit Schiff's Erklärung überein. Denn der Hund bleibt nicht oben, weil ihn etwas am Herabspringen hinderte, sondern nur, weil er die Erfahrung gemacht hat, dass er unten schlecht aufspringt und sich dadurch Schmerz verursacht. Lockt ihn etwas genügend, um die Furcht vor dem unangenehmen Fall zu betäuben, so springt er auch jetzt noch herab und macht von neuem die Erfahrung, dass ihm die Fähigkeit, seinen Fall in geschickter Weise aufzufangen abhanden gekommen ist. Kurze Zeit nach der Operation springt er, wie wir oben gesehen haben, ohne Zaudern aus der Höhe herab, und wenn wir ihn später, wenn er nicht mehr vom Tisch herunterspringen will, einige mal veranlassen auf einen grossen Haufen Stroh herabzuspringen, so giebt er für diesen Sprung seine Abneigung auf, d. h. in das Stroh springt er ganz gern, auch wenn es sich um dieselbe Höhe, — die man jetzt von der

Oberfläche der Strohlage aus rechnen muss — handelt. Nimmt man aber das Stroh wieder fort und hat man die Höhe entsprechend verringert, so bekommt der Hund wieder die alte Abneigung vor dem Herabspringen.

Uebrigens lässt sich auch zu dieser Zeit der obige Versuch noch wiederholen, der beweist, dass es hauptsächlich die Fähigkeit den Fall aufzufangen ist, welche dem labyrinthlosen Thiere mangelt.

Versuch 61 —— Der Hund wird in einiger Höhe über dem Boden gehalten und dann plötzlich fallen gelassen. Nicht nur kommt er auf dem Boden zu Fall, sondern es schlägt auch der Kopf wie eine schwere in der Bewegung ungehemmte Masse mit Heftigkeit auf. ——

Dies letzterwähnte Symptom ist sehr charakteristisch für den Zustand der labyrinthlosen Thiere. Einen normalen Hund kann man schlechterdings gar nicht so fallen lassen, dass er mit dem Kopf in dieser Weise auf den Boden schlägt. Und warum hemmt das operirte Thier nicht die Bewegung des fallenden Kopfes, da es doch sehen und mit den Füssen fühlen kann, dass es zu Fall kommt? Wir können diese Frage erst später im Zusammenhange mit anderen beantworten. Mit der Schwierigkeit den Fall aufzufangen steht meiner Meinung nach im engsten Zusammenhange auch das andere, ebenso merkwürdige, von Schiff angegebene Symptom, welches sich auf das Herab- und Heraufgehen von Treppen bezieht. Auch nach meinen Erfahrungen können die operirten Thiere nur sehr schwer eine Treppe hinabgehen, während das Hinaufsteigen ihnen viel weniger Schwierigkeiten macht. Das Hinuntergehen auf einer Treppe beruht ja gewissermassen darauf, dass man den Körper von Stufe zu Stufe fallen lässt und ihn jedesmal auffängt. Beim Treppensteigen ist es ziemlich gleichgiltig, ob die Muskeln etwas schneller oder langsamer functioniren, beim Herabgehen muss dagegen eine gegebene

Bewegung, nämlich das Fallen, compensirt werden, und dazu ist natürlich eine grössere Präcision der Muskelbewegung erforderlich.

Nach hingehaltenen Fleischstücken springen die Thiere, wie auch Schiff angiebt, gewöhnlich gar nicht mehr, aber ich habe sie dabei noch ganz gut klettern sehen, wie auch der folgende Versuch lehrt.

Versuch 62 —— Ein Hund von 55 cm Rückenhöhe steht hinter einer 45 cm hohen Bretterwand. Er hat einige Zeit gefastet, und man stellt ihm sein Fressen vor die Wand. Er wird sehr unruhig, heult und giebt aufs deutlichste seinem Wunsch, über das Brett zu kommen, Ausdruck. Er kommt aber nicht hinüber, denn die Wand ist ein wenig zu hoch zum Hinübersteigen, d. h. wenn er ein Bein hinüberbringt, was er immer wieder probirt, so erreicht er mit diesem noch nicht ganz den Boden. Zum Hinüberspringen kann er sich aber nicht entschliessen. Nun wird diese Wand genau auf das Doppelte also auf 90 cm dadurch erhöht, dass auf das vorhandene Brett noch ein zweites von gleicher Höhe befestigt wird. Richtet sich der Hund an dieser hohen Wand auf, so kann er nur grade mit dem Kopf hinüber sehen. Es ereignet sich nun das Merkwürdige, dass er auf diese hohe Wand hinaufklettert indem er ihren Rand mit den Vorderpfoten umgreift und sich mit den Hinterpfoten an der senkrechten Wand emporarbeitet. Auf diese Weise soweit nach oben gelangt, dass er seinen Schwerpunkt nach vorn über die Wand bringen kann, hat er die Wahl, ob er lieber nach hinten oder nach vorn herunter fallen will. Denn fallen wird er in beiden Fällen und lange halten kann er sich in dieser schwierigen Situation auch nicht. Die Wahl — ich meine natürlich nicht, dass sie ganz frei ist, denn das Thier beherrscht ja seine Muskelbewegungen meiner Meinung nach nicht ganz in normaler Weise — fällt häufig zu Gunsten des Falles nach vorn aus, und so haben wir also einen Hund vor

uns, der über eine Bretterwand von doppelter Höhe immer — wenn auch nicht gleich beim ersten Versuch — hinüberkommt, während ihm die Wand von halber Höhe unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet. ——

Versuch 63 —— Manche Hunde, besonders die kleineren, machen sich nichts aus Knochen, andere zerbeissen sie mit Vorliebe. Man muss daher, um diesen Versuch in überzeugender Weise anstellen zu können, den Hund vor der Operation auf sein Verhalten den Knochen gegenüber prüfen. Einem Thier, das in gesunden Tagen die grössten Knochen zermalmte, wurde 6 Wochen nach der Entfernung der Labyrinthe ein Knochen gereicht. Mit Gier nahm es denselben auf, beleckte und benagte ihn, versuchte auch ihn zu zerbeissen, was aber nicht gelang, und liess ihn dann liegen. Ganz ebenso verfuhr der Hund mit Geflügelknochen, die ehedem, auch wenn sie ganz trocken waren, seine Lieblingsspeise bildeten, dagegen verschluckte er Fleisch in grossen Mengen. Das oben (p. 203) geschilderte Symptom, dass sich das Thier den Unterkiefer widerstandslos bewegen lässt, ist noch vorhanden und lässt in Bezug auf das Knochenzerbeissen als Sitz der Störung, wenn man hierüber überhaupt in Zweifel sein kann, die Kaumuskulatur erkennen. ——

Diese Kaustörungen können wohl nicht auf die Schädigung des Facialis bezogen werden, weil sie schliesslich ganz verschwinden, während die vom Facialis ausgehenden Symptome bestehen bleiben.

Kapitel X.

A. Das Präparat der Brücke.

Wir kehren zu den Tauben zurück. Wenn man einen häutigen Kanal für sich allein, also ohne die Ampulle, in Bezug auf seine Reizbarkeit u. s. w. untersuchen will, so stösst man auf mannigfache Schwierigkeiten. Selbst wenn man den knöchernen Kanal so weit aufbricht, als es der Sinus gestattet, so dass der häutige Kanal nur noch in einer knöchernen Rinne liegt, ist er doch nicht gut zu sehen, weil er sich nicht genügend von der hellen Knochenunterlage abhebt. Zudem wird die dünne Schicht der Perilymphe, welche sich längs des Kanals hinzieht, in Folge auftretender Capillarerscheinungen oft unbequem. Bringt man z. B. an den Kanal eine Flüssigkeit, so zieht sich dieselbe sofort nach beiden Seiten am Kanal entlang, berührt man den Kanal mit Electroden oder dergl., so bilden sich störende Flüssigkeitsbrücken aus.

Es ist deswegen vortheilhaft, den häutigen Kanal eine Strecke weit ganz von dem knöchernen zu befreien, und man erhält dann ein Präparat, wie das in Fig. 53 dargestellte, welches ich das Präparat der Brücke nenne. Hierzu ist natürlich nöthig, falls es sich um den Canal. extern. handelt, den Sinus externus vorher an dieser Stelle zu entfernen, und man wird immer gut thun, dies nicht auf galvanokaustischem Wege,

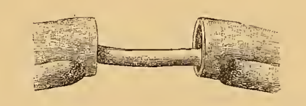


Fig. 53.

Das Präparat der Brücke. Nach der Natur gezeichnet. Vergr. 10 : 1.

sondern mit Hülfe der oben beschriebenen Ligaturen zu bewerkstelligen. Nachdem der Sinus entfernt ist, macht man mit dem Excavator ein längliches Loch und bricht dieses immer mehr und mehr auf, bis man den Knochen oben und an den Seiten in der gewünschten Ausdehnung entfernt hat. Es bleibt dann noch die untere Wand zunächst übrig. Um diese auch noch fortzunehmen, muss man vorsichtig verfahren, da man sonst leicht den häutigen Kanal verletzt. Man bricht deswegen diese übrig bleibende Knochenbrücke mit Gewalt nach unten durch, indem man den Excavator nur auf den äussersten Rand derselben aufsetzt. Hierbei läuft man dann freilich Gefahr, mit der knöchernen Brücke zugleich auch grössere Stücke aus dem

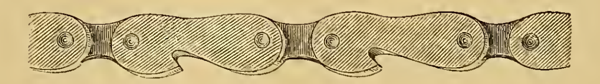


Fig. 54.

Die Spindelkette einer Taschenuhr mit eingefeilten Zähnen, die als Kettensäge benutzt wird. Vergr. 15 : 1.

Kanal selbst abzubrechen. Ich mache deswegen vorher zwei seichte Einschnitte auf der Unterseite des knöchernen Kanals, welche die Brücke nach rechts und links abgrenzen. Drückt man dann auf das zuletzt übrig bleibende knöcherne Verbindungsstück, so bricht es an den Einschnitten durch.

Um diese beiden Einschnitte auszuführen, bediene ich mich einer kleinen in Fig. 54 abgebildeten Kettensäge. Es ist das eine sogenannte Spindelkette der früheren Taschenuhren, in welche die Zähne mit einer Messerfeile eingefeilt sind. In den folgenden 4 Versuchen möge immer am Canal. extern. das Präparat der Brücke hergestellt sein.

Versuch 64 — Der häutige Kanal der Brücke wird auf zwei Electroden gelegt, welche sich nicht nebeneinander,

sondern einander gegenüber befinden, so dass der electrische Strom quer durch den häutigen Kanal geht. Die Ströme bleiben völlig wirkungslos. ———

Versuch 65 ——— An den häutigen Kanal wird ein Tröpfchen Essigsäure oder ein Tröpfchen einer concentrirten Kochsalzlösung gehängt, ohne dass die Taube in irgend einer Weise darauf reagirt. ———

Versuch 66 ——— Nähert man sich dem häutigen Kanal mit der galvanokaustischen Schlinge, so sieht man wie derselbe allmählig eintrocknet und schliesslich ganz undurchsichtig wird, während die Taube dabei ganz ruhig bleibt. Findet aber eine noch stärkere Einwirkung der Hitze statt, so entstehen plötzlich in dem häutigen Kanal kleine Dampfbläschen und in demselben Moment macht das Thier ausserordentlich heftige Bewegungen, besonders mit den Augen und dem Kopf.

Versuch 67 ——— Man kann den häutigen Kanal mit einer Nadelspitze berühren, auch mit derselben vorsichtig über ihn hinfahren, ohne dass das Thier irgendwie darauf reagirt. Sobald man aber den Kanal auch nur im mindesten mit der Nadel comprimirt, löst man sofort eine sehr heftige Bewegung aus. Interessant und wichtig ist es, den Versuch auch in der Weise anzustellen, dass man die Compression mit einer ganz dünn geschliffenen Pincette ausführt. Lässt man nämlich dann die Pincette geschlossen, so beruhigt sich das Thier nach der heftigen Bewegung sofort wieder, und wenn man dann die Pincette öffnet, so tritt von neuem eine, wenn auch weniger starke Reaction ein. ———

Das Präparat der Brücke lehrt uns also in ausgezeichneter Weise, dass die häutigen Kanäle an und für sich nicht reizbar sind, dass aber jede Bewegung der Endolymphe starke Bewegungen des Thiers auslöst. Dieses Resultat war freilich zu erwarten, da man bisher keine Nervenendigungen in den häu-

tigen Kanälen gefunden hat. Die histologischen Befunde sollen aber der Physiologie nur als Fingerzeige dienen, nicht die eigentlichen Beweise ersetzen.

Das Präparat der Brücke findet ferner die folgende Verwendung, wodurch sein eigentlicher Werth bedingt ist. Man legt unter die Brücke — wir nehmen wieder an, dass es sich um den Canal. extern. handelt — ein kleines Stückchen Modellirwachs und auf dieses einen kleinen etwa quadratischen Spiegel, dessen Seiten nicht mehr als 1,5 mm betragen. Solche Spiegelchen erhält man leicht durch Versilberung von Deckgläschen, die man dann in kleine Quadrate zerschneidet. Das untergelegte Wachs gestattet es, den Spiegel in die richtige Lage zu bringen, damit er das Licht nach oben gegen den häutigen Kanal reflectirt. Man kann dann den letzteren mit ziemlich starken Vergrösserungen betrachten und z. B. die Blutbewegung in den Gefässen der Wand beobachten. Wichtiger ist die bei schwächerer Vergrösserung zu untersuchende Strömung der Endolymphe. Um sie deutlich zu machen bringt man an den häutigen Kanal ein Spürchen einer Methylviolett-Lösung, welche schnell in das Innere des Kanals diffundirt, und es gestattet, die Bewegungen der Endolymphe zu verfolgen.

B. Ueber künstlich erzeugte Strömungen der Bogenflüssigkeiten.

Durch die Kopfbewegungen besonders durch die Rotationen desselben wird das Labyrinth erregt, und man kann nicht gut anders, als annehmen, dass es durch die Kopfbewegungen hervorgebrachte Strömungen der beiden Bogenflüssigkeiten oder wenigstens einer derselben sind, welche erregend auf den Endapparat des Octavus wirken. So liegt der Wunsch nahe, solche

Strömungen künstlich zu erzeugen und dadurch die natürlichen Reize nachzuahmen. Die folgenden Versuche lehren, wie man diesem Wunsch entsprechen kann, und welche Beobachtungen sich daraus ergeben. Eine gute Reizmethode für einzelne Abschnitte des Labyrinths ist zwar auf diese Weise, — wie ich gleich im voraus bemerken will — nicht erzielt worden, aber die Versuche sind in anderer Beziehung so wichtig, dass sie ausführlich geschildert werden sollen. Ein Resultat, das sie ergeben haben, ist schon von Breuer ausgesprochen worden, aber auf Grund eines meiner Meinung nach nicht ganz zureichenden Versuchs. Breuer gab schon 1875 an, dass die Endolymphströmung in einem Kanal je nach ihrer Richtung die beiden entgegengesetzten Bewegungen hervorrufe. Er stützte sich dabei namentlich auf einen Versuch, bei dem er das eine Mal auf den häutigen Kanal direct blies und das andere Mal die Luft schräg über die Oeffnung im knöchernen Kanal streichen liess. Im letzteren Fall beobaehtete er eine Richtung der Kopfbewegung, welche der im ersteren Fall entgegengesetzt war. Nun ist es mir nie geglückt, diesen Versuch nachzumachen, und ohne die Möglichkeit leugnen zu wollen, dass man durch ein schräg über die Oeffnung des knöchernen Kanals gerichtetes Blasen einen negativen Druck in demselben erzeugen könne, möchte ich doch die Vermuthung aussprechen, es habe sich bei diesen Versuchen nicht um die Erzeugung eines negativen Drucks, sondern vielmehr um ein Fortschieben der Endolymphe durch den Luftstrom gehandelt, der jedesmal den häutigen Kanal direct traf und von dem zufällig gewisse wirksame Theile oder Componenten in den beiden Fällen entgegengesetzt gerichtet waren. Breuer scheint selbst die Unzulänglichkeit dieser Beweisführung eingesehen zu haben. Wenigstens bringt er später (1890) den Versuch in eine verbesserte Form und bläst direct in der einen oder der anderen Richtung in den geöffneten knöchernen Kanal hinein. Wennschon der Versuch in dieser Form noch das grosse

Bedenken zulässt, dass er am gefesselten Thier ausgeführt wurde, so kann man ihn doch als beweiskräftig ansehen. Inzwischen hatte ich aber auf der Kölner Naturforscher-Versammlung meine Methode, einen Schlauch am Kanal zu befestigen, und das auf diese Weise gewonnene gleiche Resultat veröffentlicht.

Indem uns die Versuche mit dem an das Labyrinth angesetzten Schlauch eine Beurtheilung so vieler Eingriffe und Reizmethoden, welche mit Eröffnung der knöchernen Labyrinthkapsel verbunden sind, gestatten, nehmen sie einen wichtigen Platz unter den Untersuchungsmethoden ein, aber es wird immer ihr Hauptwerth in dem Umstand zu sehen sein, dass man mit keiner anderen Methode eine so starke Reizung des gesammten Labyrinths hervorbringen kann. Nur mit Hilfe des angesetzten Schlauches gelingt es die Taube in jene Stellung zu bringen, welche genau das Gegentheil von der durch den Ausfall des Labyrinths sich ausbildenden Kopfverdrehung (Stellung VI Fig. 10) ist.

Das Ansetzen eines Gummischlauches an einen Bogengang.

Das wichtigste Erforderniss für diese Versuchsanordnung ist natürlich der Besitz eines geeigneten Gummischlauches. Da sein Lumen enger sein soll als die Dicke des knöchernen Kanals und da letzterer etwa 1 mm Durchmesser hat, so darf der Schlauch nur 0,7—0,8 mm Lumen besitzen. Die Wandstärke beträgt 0,5 mm und daher hat der ganze Schlauch eine Dicke von etwa 1,8 mm (Fig. 58). Der rothe Patentgummi, aus dem so kleine Schläuche verfertigt werden, wird leicht brüchig, wenn man ihn lange trocken aufhebt. Man legt deshalb die Schläuche unter Glycerin und kann sie dann auch nach vielen Jahren noch benutzen.

Am besten eignet sich der Canalis externus zur Anlegung des Schlauches, doch ist die Operation fast ebenso leicht auch am

Canalis posterior auszuführen. Nur der Canalis anterior bietet besondere Schwierigkeiten dar, und da man von ihm aus keine besonderen Resultate erhält, so wird man auf seine Verwendung zu diesem Versuch verzichten. Im folgenden wird die Operation nur am Externus beschrieben werden, da man am Posterior in ganz analoger Weise verfährt.

Nachdem der knöcherne Canalis externus frei gelegt und auch auf der inneren Bogenseite sorgfältig von den kleinen Knochenbalken gesäubert ist, wird zunächst der Sinus externus an zwei Stellen verödet, erstens dicht am Kreuz und dann ein gutes Stück weiter vorn, doch nicht zu nahe der Ampulle. Zwischen den beiden Brandstellen wird der Sinus entfernt und der nackte knöcherne Kanal glatt gekratzt. Darauf wird der Kanal mit der kleinen Säge erst dicht an der hinteren Brandstelle durchschnitten und dann ein zweites Mal etwa 1,5 mm weiter nach vorn. Auf diese Weise fällt ein Stück des knöchernen und häutigen Kanals heraus, und es bleibt ein Stumpf mit der Ampulle übrig, der mit einem etwa 1,5—2 mm langen, nackten, d. h. sinuslosen Theile beginnt. Ueber diesen Stumpf ist der Gummischlauch zu ziehen, und die ganze Operation wäre soweit sehr einfach, wenn nicht die Befestigung des Schlauches am Kanal besondere Vorkehrungen erheischte. Ohne Ligatur hält der Schlauch nicht genügend fest, und einen Ligaturfaden dort in der Tiefe der Wunde regelrecht zu binden, ist bei der Kleinheit und Zerbrechlichkeit der Theile nicht gut möglich. Nach vielen vergeblichen Versuchen hat sich die folgende Drahtligatur ausgezeichnet bewährt.

Man verfertigt sich eine Anzahl kleiner Messingstücke, welche man „Knebel“ nennen kann, indem man in einen 0,5 mm dicken Messingdraht etwa 1 mm vom Ende entfernt, eine Rinne eindreht oder einfeilt und ihn dann nach wieder etwa 1 mm durchschneidet. Man erhält also auf diese Weise kleine 2 mm lange Drahtstücke, welche in der Mitte eine

Rinne haben (Fig. 55 [a]). Es wird ferner um einen Messingdraht, welcher etwas dicker als der Gummischlauch ist, (der von mir verwendete hat 2,0 mm Dicke) ein Platindraht von 0,1 mm Durchmesser herumgelegt und zu einer Oese rechtsherum zusammengedreht. Nach einigen Touren biegt man die beiden Drahtenden auseinander, legt einen Knebel ein und dreht dann ebenfalls rechtsherum die Drahtenden wieder zusammen, so dass die Drähte den Knebel in seiner Rinne umfassen. Man erhält



Fig. 55.

Die Platinöse mit eingeflochtenem Knebel a. Vergr. 10:1.



Fig. 56.

Der Knebelhaken, mit dem der Knebel der vorigen Abbildung ergriffen und herumgedreht wird. Vergr. 10:1.

auf diese Weise eine Platinöse mit eingeflochtenem Knebel, wie ihn die Fig. 55 darstellt.

Bevor man nun den Gummischlauch über den Stumpf des Canalis ext. bringt, was sich leicht bewerkstelligen lässt, indem man den Schlauch nicht hinüberzieht sondern hinüberdrückt, wird er durch eine solche Platinöse gesteckt. Wenn dann der Kanal in ihm steckt, schiebt man mit einer Pincette die Platinöse an die richtige Stelle und dreht die Ligatur zusammen, indem man mit dem in Fig. 56 abgebildeten Knebel-

haken den Knebel umgreift und ihn rechtsherum dreht bis man unter der Lupe sieht, dass der Schlauch durch die Ligatur stark comprimirt wird. Es ist gut, beim Drehen des Knebels gleichzeitig an ihm (vom Schlauch fort) zu ziehen. Dann schneidet man den zusammengedrehten Draht zwischen Schlauch und Knebel mit einer Scheere durch und erhält das Bild, wie es die Fig. 57 darstellt. Solche Ligaturen halten so fest, dass man bei vorsichtigem und allmähligem Ziehen die Taube am Gummischlauch hochheben kann.[1])

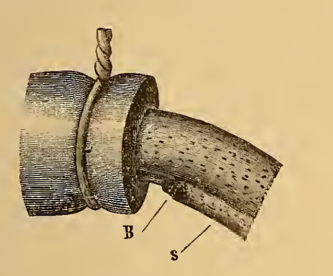


Fig. 57.

Ueber das Ampullenende des rechten Canal. extern. gezogener und durch die Drahtligatur befestigter Gummischlauch; s Sinus extern.; B Brandschorf des Sinus. Vergr. 10:1.

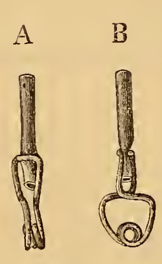


Fig. 58.

Eine Schlauchklemme und der Gummischlauch in natürlicher Grösse; A von der Seite; B von vorn.

Um ein Eindringen von Luft in das Labyrinth zu verhüten, wird der Schlauch ganz mit Kochsalzlösung (0,6%) gefüllt und muss dann vor der Befestigung an dem Kanal an seinem anderen Ende verschlossen werden. Ebenso ist es nöthig ihn nach der Anlegung der Ligatur dicht am Kanal zuzuklemmen, um das Labyrinth abzuschliessen, damit es nicht durch die bei

[1]) Diese Probe darf man aber nicht jedesmal anstellen wollen, denn häufig reisst dabei doch der Gummischlauch an der Ligaturstelle. Es braucht die Ligatur ja auch nicht so fest zu halten, nur ist es interessant, dass sie es unter günstigen Bedingungen thut und dass der Schlauch eher reisst als er abgleitet.

der Entfesselung des Thieres schwer zu vermeidenden starken Bewegungen des Schlauches gereizt wird. Das Abklemmen des Schlauches geschieht mit den in Fig. 58 dargestellten Schlauchklemmen, welche klein und leicht, aber zugleich doch auch genügend stark sein müssen. Da man sie mit den Fingern schwer fassen kann und namentlich ein behutsames Abnehmen der Klemme am Labyrinth vom entfesselten Thier auf diese Weise unmöglich wäre, so dient zum Anlegen und Abnehmen der Klemmen eine grosse gewöhnliche Pincette, in deren Branchenenden Vertiefungen zur Aufnahme einer Klemme eingefeilt sind. (Fig. 59.)

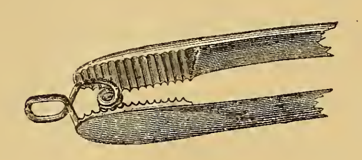


Fig. 59.

Die Branchen der Pincette, welche zum Anlegen und Abnehmen der Schlauchklemmen dient. Die Klemme liegt in entsprechenden Vertiefungen.

Versuch 68 — Ueber das Ampullenende des rechten Canalis externus ist ein mit Kochsalzlösung gefüllter Schlauch gezogen. Das andere Ende desselben Kanals ist durch eine Plombe verschlossen worden. Das Thier ist entfesselt und steht unter dem Drahtkorb, während der Schlauch vom Kopfe aus durch die obere Oeffnung des Korbes nach aussen führt und auf den Tisch gelegt ist. Die Anordnung ist also dieselbe wie die in Figur 66 abgebildete, nur dass der Schlauch dort eine andere Verwendung hat.

Beim Abnehmen der am Kanal befindlichen Klemme (die andere am freien Ende des Schlauches bleibt immer liegen) sieht man einige unregelmässige Kopfbewegungen, welche von der Druckausgleichung zwischen der Flüssigkeit im Schlauche und im Labyrinth herrühren. Fast man die am freien Ende des Schlauches befindliche Klemme und hebt man mit ihr den Schlauch langsam etwas in die Höhe, so macht die Taube einige Kopfbewegungen in wechselnder Richtung und ebenso solche beim langsamen Ab-

wärtsbewegen des Schlauches. Genaue und brauchbare Resultate erhält man aber dann erst, wenn man den auf dem Tische liegenden Schlauch mit einer stumpfen Messerschneide comprimirt. Beim Aufdrücken des Messers macht die Taube eine sehr heftige Bewegung nach links, welche in einer fast reinen Kopfdrehung in der Ebene des Kanals besteht. Hebt man die Compression des Schlauches nicht wieder auf, so geht der Kopf bald in die Normalstellung zurück, und man kann dann die umgekehrt gerichtete Kopfdrehung durch Abheben der Messerschneide auslösen. Doch ist diese letztere Bewegung viel schwächer als die erste. Durch eine schnelle Hin- und Herbewegung mit der Messerschneide, wodurch die Compression unmittelbar nach dem Entstehen sofort wieder aufgehoben wird, löst man eine schnelle Drehung des Kopfes nach links aus, an die sich eine ebenfalls sehr schnelle Rückbewegung anschliesst. Die letztere überschreitet meist die Normalstellung um ein Geringes. Es bleibt daher immer zu empfehlen, wenn man die Wirkung der Druck-Steigerung und Verminderung im Schlauche deutlich beobachten will, das Comprimiren und Freigeben des Schlauches möglichst gesondert auszuführen. Wünscht man diese Versuche einige Mal zu wiederholen, so stösst man auf die Schwierigkeit, dass man immer stärkere Reize braucht, um eine genügende Kopfbewegung auszulösen. Man muss daher immer breitere Instrumente wählen, mit denen man die Compression des Schlauches ausführt. Aber damit nicht genug, die Kopfbewegungen selbst halten sehr bald die ursprüngliche Richtung nicht mehr ein. Aus der Kopfdrehung wird eine Kopfneigung oder ein Kopfbeugen, und sehr oft kommt es zu ganz unregelmässigen Bewegungen. ——

Wie wir in einem spätern Abschnitt sehen werden, kann man sich diese Wirkung der Schlauchkompression dadurch erklären, dass der Inhalt der Ampulla externa theilweise herausgedrückt wird, dass dieselbe sich faltet und dass dadurch ihre

normale Function mehr weniger aufgehoben wird. Es kann dann bei den stärkeren Kompressionen des Schlauches die Bewegung der Perilymphe leicht über die häutige Ampulle hinfort auf die übrigen Ampullen wirken. Immer sieht man aber, welche Richtung die ausgelöste Kopfbewegung auch haben möge, dass die entgegengesetzte Strömung der Bogenflüssigkeit auch die entgegengesetzte Kopfbewegung zur Folge hat. Und dieser Satz wird durch diese Versuche um so besser bewiesen, als gerade bei ihnen die Kopfbewegungen so vielfache Richtungen zeigen.

Lässt man das nicht mit dem Schlauch verbundene, andere Ende des Canal. extern. offen, anstatt es wie im vorgehenden Versuch durch eine Plombe zu schliessen, so ändert man dadurch den Versuch nicht wesentlich, erschwert aber das Zustandekommen einer reinen Kopfdrehung. Es können dann die Bogenflüssigkeiten aus diesem Ende des Kanals austreten. Die Bewegungen des Kopfes sind in Folge dessen ungleich stärker, nehmen aber noch viel schneller bei gleichbleibenden Reizungen an Intensität ab, und wenn man die Reize durch immer grössere Bewegungen des Schlauchinhaltes immer mehr steigert, so hören bald alle Kopfbewegungen auf, und das Labyrinth scheint völlig unerregbar zu sein. Ja, es bleibt der Kopf in Ruhe, selbst wenn man mit einer Spritze Luft oder Wasser unter grossem Druck durch das Labyrinth treibt.

So lange das Labyrinth noch reagirt, sieht man zuweilen, sei es dass man starken positiven oder negativen Druck im Schlauch erzeugt, eine vollständige Kopfverdrehung eintreten. Der Kopf wird nach links geneigt und geht bis in die Stellung V., Fig. 9 über, eine Erscheinung, die wir nach unseren Beobachtungen nach einseitiger Entfernung eines ganzen Labyrinths als Reizung des gesammten Labyrinths auffassen müssen. Wir kommen später auf diese Kopfverdrehung zurück und werden dann die näheren Umstände, die zu ihrer Erzeugung nöthig sind, angeben können.

Versuch 69 —— Während im übrigen die ganze Versuchsanordnung die gleiche wie im vorigen Versuch bleibt, wird der Schlauch am Canalis posterior befestigt. Er befindet sich auch an diesem Kanal zwischen Kreuz und Ampulle und ist auch hier über den Ampullenstumpf gezogen. Die Ergebnisse sind genau die gleichen wie beim vorigen Versuch, nur dass bei den ersten vorsichtigen Verschiebungen des Schlauchinhaltes die Ebene der Kopfbewegungen jetzt mit der des Canalis posterior zusammenfällt. Auch von diesem Kanal aus gelingt es zuweilen die vollständige Kopfverdrehung auszulösen. ——

War nun auch durch diese Versuche, neben den übrigen Resultaten, die Möglichkeit einer starken Reizung des ganzen Labyrinths ausser Frage gestellt worden, so blieb doch für diese wichtige Erscheinung, welche nicht regelmässig zu erzeugen war, sondern nur hie und da zu Stande kam, die Erforschung zuverlässiger Versuchsbedingungen übrig. Weiss man doch auch bei diesen Versuchen gar nicht, in welcher Weise sich die Strömung der Perilymphe und Endolymphe zu einander verhalten und welchen Weg sie einschlagen. Es kam daher in erster Linie darauf an, die Perilymphe gesondert in Bewegung zu setzen und zwar durch eine wandständige Verbindung des Schlauches mit dem knöchernen Labyrinth.

Auf diese Weise musste man mit Sicherheit einen Punkt des höchsten und einen Punkt des niedrigsten Drucks in der knöchernen Labyrinthkapsel erzeugen können, und dann beherrschte man auch die Stromesrichtung im häutigen Labyrinth.

Die wandständige Verbindung des Gummischlauchs mit dem knöchernen Labyrinth.

Der Canalis externus wird frei gelegt, ohne den Sinus zu zerstören. Darauf wird eine kleine Glasröhre durch Eingypsen (s. unten) mit dem Kanal in feste Verbindung gebracht, ohne dass

letzterer zunächst geöffnet wird. Die Glasröhre ist 9 mm lang, 1,1 mm dick und hat ein Lumen von 0,6 mm. Sie wird auf den knöchernen Kanal heraufgestellt, und damit sie nicht während der Procedur des Eingypsens von ihm heruntergleiten kann, steckt man den später zu beschreibenden Bohrer wie einen Mandrin durch dieselbe hindurch, und fixirt mit ihm die Glasröhre, indem man seine Spitze gegen den Knochen des Kanals drückt. Darauf wird der Gyps, der mit reinem Wasser — ohne Gummilösung — angerührt ist, rings um den Kanal und die Glasröhre gebracht, wobei man die Luftzellen unterhalb des Kanals mit ausstopft. Bevor der Gyps vollkommen erstarrt ist, zieht man die Glasröhre aus ihm heraus, um sie von dem Gyps zu befreien, der in ihr Lumen von unten her eingedrungen ist. Dann steckt man sie wieder in das Loch im Gyps hinein, und lässt den letzteren ruhig erstarren.



Fig. 60.

Der Bohrer, mit dem der Kanal angebohrt wird, wenn an ihm eine Glasröhre wandständig befestigt werden soll. a Handgriff des Bohrers; b der Theil, der durch die Glasröhre hindurch gesteckt wird; c der eigentliche Bohrer. Vergr. 2:1.

Sobald der Gyps klingt, wird das Loch in den knöchernen Kanal gebohrt. Der Bohrer (Fig. 60) besteht aus einem dickeren Theil a, der als Handgriff dient, aus einem dünneren b, welcher 0,6 mm dick ist und durch die eingegypste Glasröhre hindurch geht, und endlich aus dem eigentlichen, nur 0,3 mm langen Bohrer c, welcher ein Loch von nur 0,4 mm Durchmesser bohrt, so dass nur er, nicht der folgende lange Theil b des Instruments durch dies Loch hindurch kann. Nach wenigen Drehungen mit dem Bohrer fühlt man ihn durch die Knochenwand dringen, und wenn man dann aufhört zu bohren, ist man ganz sicher, nur diese obere Knochenwand, aber weder den häutigen Kanal, noch den Boden des knöchernen, verletzt

zu haben. Nach Entfernung des Bohrers wird ein Gummischlauch (ein gleicher wie bei den vorigen Versuchen) über die Glasröhre gezogen, und, wenn nöthig, mit einer Ligatur hier befestigt. Diese Ligatur ist aber nur erforderlich, wenn man erproben will, wie leicht sich die Perilymphe aus dem Labyrinth durch ihre natürlichen Wege herausdrängen lässt und wird dann bequemer Weise ebenso wie bei den vorigen Versuchen (vgl. p. 217) angelegt. In welcher Weise man in dem mit Luft oder mit Flüssigkeit gefüllten Schlauch einen positiven oder negativen Druck erzeugt, hängt ganz davon ab, in welcher Art derselbe wirken soll, ob schnell, ob langsam, ob kurze oder lange Zeit. Man wird daher den Schlauch nach Bedürfniss mit einer Spritze, irgend einem Druckgefäss oder dergleichen verbinden.

Versuch 70 —— Der Gummischlauch ist einerseits wandständig mit dem rechten Canalis externus in Verbindung gesetzt, andererseits mit einem kleinen Druckgefäss. Das entfesselte unter dem Drahtkorb stehende Thier zeigt keinerlei Störungen. Um dieselben jedoch sichtbar zu machen, wird die Taube wieder gefesselt und ihr dann in den Canalis externus der andern Seite, also in den linken eine Plombe eingesetzt. Nun wissen wir, dass das Plombiren eines Kanals mit einem Functionsausfall der zugehörigen Ampulle verbunden ist, dass aber dieser Ausfall sich nur dann an den spontanen Kopfbewegungen zeigt, wenn auch derselbe Kanal auf der andern Seite nicht mehr normal functionirt. Da nun unsere Taube nach der Einsetzung der Plombe in den linken Externus pendelnde Kopfdrehungen ausführt, so schliessen wir daraus mit Recht, dass durch das Ausfliessen der Perilymphe, beziehungsweise in Folge der Communication derselben mit dem äusseren Luftdruck die Ampulla externa in ihren Functionen beeinträchtigt ist. Diese Störung wird nur durch den mangelnden Druck der Perilymphe hervorgebracht, denn indem wir das Druckgefäss am Ende des

Schlauches ganz langsam in die Höhe heben, verschwindet das Kopfpendeln wieder und die Taube verhält sich wie eine nur einseitig, in diesem Falle also nur links im Canalis externus plombirte. Wir senken jetzt wieder das Druckgefäss, und die Pendelbewegungen des Kopfes entstehen von neuem. ——

Da beim Anbohren irgend eines Kanals die Perilymphe herausströmt, so ist zu vermuthen, dass der Druck derselben etwas grösser als der der äusseren Luft ist, und unser Versuch lehrt nun, dass ein solcher Ueberdruck nicht nur in der That vorhanden, sondern auch eine nöthige Bedingung für das normale Functioniren der Ampullen ist,

Versuch 71 —— (Anordnung wie beim vorigen Versuch, aber ohne Plombe.) Durch sehr langsames Heben und Senken des Druckgefässes wird keine Bewegung des Kopfes hervorgerufen, wohl aber kommt es zu solchen, wenn man den Druck plötzlich vermehrt oder vermindert. Gewöhnlich sieht man nur relativ schwache Labyrinth-Reizreactionen (s. unten), doch kommt es auch zu anderen Bewegungen. ——

Der Mechanismus dieser Reizungen ist nicht ganz klar zu übersehen. Theilweise wird wohl jedenfalls der veränderte Druck an und für sich das ganze Labyrinth reizen. Ich möchte das jedenfalls annehmen, weil ja aus den vorigen Versuchen der schädliche Einfluss einer Druckherabsetzung erwiesen wurde. Dann muss man aber auch an Strömungen der Endolymphe denken, da unter dem erhöhten Druck der Perilymphe eine andere Vertheilung des Inhaltes des häutigen Labyrinths zu Stande kommen wird. Denn auch unter der Annahme, dass keine Endolymphe aus der knöchernen Kapsel herausfliessen könnte, wird man doch gewisse Endolymphströmungen vermuthen müssen, weil die Druckerhöhung im Innern des häutigen Labyrinths in der Nähe der Glasröhre immer grösser sein wird als in der Nähe der Abflusswege für die Perilymphe.

Versuch 72 —— Bei einer anderen Taube ist in gleicher Weise wie beim vorigen Versuch der Schlauch wandständig mit dem rechten Canalis externus verbunden. Auf der linken Seite ist eine Plombe in den Canalis posterior eingesetzt. Das entfesselte Thier macht Kopfbewegungen in der Ebene des plombirten Kanals, welche zwar nicht so deutlich sind, wie die Drehbewegungen im vorigen Versuch, immerhin doch deutlich genug, um den Einfluss der Druckverminderung im perilymphatischen Raum der rechten Seite erkennen zu lassen. Auch hier hören wieder die anormalen Bewegungen sofort auf, wenn man mit Hilfe des Druckgefässes den Druck der Perilymphe steigert, und treten wieder auf, wenn man ihn herabsetzt. ——

Am interessantesten und wichtigsten ist die Verwendung dieser Methode den Gummischlauch wandständig an das knöcherne Labyrinth zu setzen, um einen Endolymphstrom in ganz bestimmter Richtung zu erzeugen. Denn macht man irgendwo in dem häutigen Labyrinth eine Oeffnung und steigert man dann den Druck im perilymphatischen Raum, so wird die Endolymphe aus der gemachten Oeffnung ausströmen, und man kann ihr mit Hilfe von Plomben den Weg, den sie dabei zu nehmen hat, ganz genau vorschreiben. Man findet auf die Weise eine günstigste Anordnung, um das gesammte Labyrinth zu reizen und erhält dann mit Sicherheit jene merkwürdige Kopfverdrehung, die wir schon kennen (vergl. p. 220), damals aber nicht mit Sicherheit erzeugen konnten, weil wir nicht die Richtung der Endolymphströmung beherrschten. Der folgende Versuch schildert jene günstige Anordnung, bei der die Endolymphe im Canalis externus ampullenwärts, in den beiden andern Kanälen aber von der Ampulle zum glatten Ende strömt.

Versuch 73 —— In den Canalis externus einer Taube wird zunächst dicht am grossen Kreuz zwischen diesem und der Ampulle eine Plombe eingesetzt. Darauf wird er wandständig

zwischen Plombe und Ampulle mit dem mit Kochsalzlösung gefüllten Gummischlauch verbunden. Ferner ist in dem glatten Ende, sowohl des Canalis posterior, als auch des Canalis anterior je eine Oeffnung gemacht und die häutigen Kanäle an dieser Stelle durchschnitten. Treibt man nun den Inhalt des Schlauches unter ziemlich starkem Druck in das Labyrinth hinein, so wird die Endolymphe im häutigen Canalis externus zur Ampulle fliessen, da ihr der Weg zum glatten Ende durch die Plombe versperrt ist. Fernerhin stehen ihr dann zwei Wege offen, indem sie durch beide anderen Ampullen hindurch nach aussen gelangen kann. Auf diese Weise werden also alle drei Ampullen gereizt, und der Erfolg ist dann auch jene merkwürdige Kopfstellung, welche genau das Gegenstück zu derjenigen ist, welche wir nach der Entfernung eines ganzen Labyrinths eintreten sehen. (Stellung VI.) ———

Kapitel XI.

Die electrische Reizung des Labyrinths.

Der erste, der die Erscheinungen bei electrischer Reizung des Labyrinths beobachtet hat, war Hitzig, wenn er auch dabei vermeinte, nicht das Labyrinth sondern das Kleinhirn zu reizen. Er liess beim Menschen den electrischen Strom von einem Ohr zum andern fliessen und sah dabei den Kopf sich zur Anode neigen. Die untersuchten Personen gaben an, während der Dauer des Stroms ein Gefühl zu haben, als fielen sie zur Kathode hin, und Hitzig deutete deshalb die Erscheinung so, als ob die Reactionsbewegung zur Anode hin, eine Folge dieses Gefühls sei. Ich muss mich mit aller Entschiedenheit gegen diese Auffassung erklären, ohne natürlich das Zustandekommen des in Rede stehenden Gefühls leugnen zu wollen. Ich habe es oft genug an mir selbst empfunden. Aber dies Gefühl kann nur in Folge der Bewegung oder durch die besondern, die Bewegung veranlassenden Umstände entstehen, nicht aber die Bewegung in Folge des Gefühls. Es geht dies in zwingender Weise aus so vielen meiner Versuche hervor, dass ich hier nicht ausführlich die einzelnen in meinem Sinne sprechenden Thatsachen zu wiederholen brauche. Es sei nur an jene Muskelbewegungen erinnert, welche ebenfalls mit dem Labyrinth in Beziehung stehen, und nichts mit der Erhaltung des Körpergleichgewichts zu thun haben, wie die Bewegungen des Kiefers und der Kehlkopfsmuskulatur. Welche vorgetäuschte Bewegung

15*

sollte ferner compensirt werden, wenn sich beim Hunde ein Auge nach oben, das andere nach unten bewegt, wie man das oft genug bei künstlicher Reizung des Labyrinths sehen kann?! Das bei der Reizung auftretende Gefühl kann daher meiner Meinung nach nur eine Begleiterscheinung sein, welche sich unter Umständen zu der vom Labyrinth ausgehenden Reizung der Muskeln hinzugesellt.

Breuer hat zuerst die Meinung vertreten, dass bei diesen electrischen Durchströmungen von Ohr zu Ohr oder zwischen einem indifferenten Punkte und einem Ohr das Labyrinth den Angriffspunkt für die Erregungen bilde. Er hat letzthin seine Ansicht in folgender Weise gestützt. Bohrt man eine Nadelelectrode in das Kleinhirn selbst, während die andere Electrode (Anode) auf dem Bauche der Taube befestigt wird, und schwächt man dann die electrischen Ströme soweit ab, bis man keine Kopfbewegungen mehr eintreten sieht, so erhält man doch sofort wieder deutliche Reactionen, wenn man die Nadel aus dem Kleinhirn herauszieht und sie statt dessen dem Kreuz der Bogengänge anlegt.

Diesen Breuer'schen Versuch habe ich wiederholt und durchaus bestätigen können. Es bleibt bei ihm nur zweifelhaft, wie weit man sich auf die electrische Reizung verlassen kann. Je länger man sich mit Methoden, welche auf einer electrischen Reizung beruhen, beschäftigt, je mehr Gehirne man z. B. an den verschiedensten Thierarten electrisch abgetastet hat, desto skeptischer wird man allen electrischen Reizversuchen gegenüber, bei denen der electrische Strom mehr als *einen* Weg hat. Um meinen Standpunkt dem in dieser Hinsicht harmloser denkenden Leser gegenüber zu rechtfertigen, sei es mir gestattet hier einen Versuch zu erwähnen, den Herr Salz, während er sich unter meiner Leitung beschäftigte, gefunden hat, und welcher von jedem angestellt werden sollte, der sich irgendwie mit electrischer Reizung thierischer Theile zu beschäftigen hat.

Versuch 74 — In einer grösseren flachen Schale, die mit Brunnenwasser gefüllt ist, wird ein Frosch irgendwie am Boden befestigt. Am einfachsten geschieht dies, indem man ihn in Rückenlage mit den Armen an den Rand eines kleinen Brettchens bindet, so dass Rumpf und Beine über den freien Rand des Brettes hervorragen. Dies Brettchen wird dann auf den Boden der Schale gelegt und hier durch eine in einem Stativ eingeklemmte und auf das Brett drückende Glasstange festgehalten. Der Frosch befindet sich also ganz unter Wasser etwa in der Mitte der Schale. Nun werden die von einem gewöhnlichen Induktionsapparat erzeugten Ströme in folgender Weise durch den Frosch geleitet. Die Anode der allein wirkenden Oeffnungsströme befindet sich in der Medianlinie des Frosches an seinem Kopfende, 10 cent. oder weniger von diesem entfernt. Die Kathode hält man in der Hand und führt sie in beliebiger Weise durch das Wasser. Befindet sich die Kathode ebenfalls in der Medianlinie des Frosches, aber zu seinen Füssen und nähert man sich aus grösserer Entfernung dem Frosch, während man immer in der Medianlinie bleibt, so sieht man wie die Ströme zuerst völlig unwirksam sind, dann aber zunächst ein Anziehen der halbgestreckten Hinterbeine veranlassen, und wie erst zuletzt bei noch grösserer Annäherung der Kathode an den Frosch ein in beiden Beinen gleichstarker Strecktetanus zu Stande kommt. Dieser Theil des Versuches lehrt also, dass durch die schwächeren Ströme die umgekehrte Bewegung ausgelöst wird, wie durch die stärkeren[1]). Viel merkwürdiger ist aber das Verhalten des Frosches, wenn man die Kathode von der Seite her, also etwa auf der rechten Seite des Frosches, demselben allmählig nähert. Man geht am besten von einem Punkte aus, welcher zu gleicher Zeit rechts und

[1]) Wahrscheinlich handelt es sich bei diesem Theil des Versuchs um das Ritter-Rollet'sche Phänomen, da die wichtigen Versuche, die Grützner darüber anstellen liess (Pflüger, Arch. Bd. 50, p. 215), hiermit übereinstimmen.

hinten vom Frosch gelegen ist, und nähert sich dem letzteren dann in der Diagonale. Die erste Wirkung des Stroms besteht auch hier wieder in einem Anziehen der bisher schlaffen Beine, dann aber werden nicht beide Beine gestreckt, sondern nur das linke, d. h. das **entferntere**, und man kann sich so weit dem Frosche nähern, dass dieses linke Bein in den stärksten Tetanus geräth, während das vielleicht nur noch zwei Centimeter entfernte rechte Bein angezogen bleibt. Da der Versuch auch beim Thier ohne Rückenmark und auch nach der Curarevergiftung gelingt, so hat die Erscheinung wohl nichts mit dem Nervensystem zu thun.

Es bleibt vorläufig räthselhaft, weshalb der electrische Strom nur auf das entferntere Bein wirkt, denn mag der Frosch besser leiten als das Wasser oder schlechter, die Stromfäden, welche durch ihn hindurchgehen, müssen unter allen Umständen auf der rechten Seite des Frosches dichter sein. Hiervon kann man sich auch physikalisch überzeugen. Wollte also jemand in diesem Falle annehmen, das rechte Bein müsse stärker gereizt werden, weil es sich näher an der Kathode befindet als das linke, so würde er sich sehr irren. Man darf daher dem Breuer'schen Versuch nicht unbedingte Beweiskraft zuschreiben, um so weniger als uns noch eine ganze Reihe ungewöhnlicher Erscheinungen bei den electrischen Reizversuchen des Labyrinths entgegentreten werden.

Es giebt natürlich noch einen ganz anderen Weg, um zu der Gewissheit zu gelangen, ob man das Labyrinth bei der Durchströmung des Kopfes reize oder nicht. Wenn man nämlich beide Labyrinthe, oder auch nur eines derselben herausnimmt und die dann zu beobachtenden Resultate der electrischen Reizung mit denen am normalen Thiere vergleicht. Hierbei macht es keinen grossen Unterschied, ob man unmittelbar nach der Operation oder erst nach längerer Zeit die Prüfung vornimmt; doch sind in letzterem Fall bei der einseitig operirten Taube

die Kopfverdrehungen nach der operirten Seite wegen der bereits dazu bestehenden Neigung ungleich grösser.

Unter Anwendung einer Stromstärke von $^1/_{10}$ Milli-Ampère, neigt eine Taube bei der Schliessung des Stromes schon sehr deutlich den Kopf nach rechts oder links, je nachdem sich die Anode auf der einen oder andern Seite befindet. Die Taube steht bei diesen wie bei allen folgenden Prüfungen vollkommen **frei** und **ungefesselt** unter einer ziemlich grossen weitmaschigen Drahtglocke (vergl. Fig. 66), welche oben eine grössere Oeffnung besitzt, so dass man dadurch hineingreifen und auch bequem die Leitungsschnüre oder dergleichen nach aussen leiten kann, ohne dem Thiere die Möglichkeit zu geben, auf die Schnüre zu treten. Die Electroden haben folgende Form:

Die Electroden für den Kopf der Taube.

Am Ende der beiden Elfenbeinstäbchen a und b der Fig. 61 sind durch Löcher die beiden Leitungsschnüre e und f hindurchgezogen und durch Umwickelung mit Zwirnfaden befestigt. Auf diese Weise entstehen die kleinen Knöpfe g und h, welche mit Wasser befeuchtet, statt der gewöhnlichen Schwämme dienen. Die Zuleitungsschnüre enthalten in ihrem Inneren ganz dünne Kupferdrähte (nicht mit Metall umsponnene Fäden), beide sind nach einer kleinen Strecke zu einer einzigen Schnur zusammengedreht, wodurch die Verbindung des Thieres mit der Batterie erleichtert wird. Die beiden Elfenbeinstäbchen a und b sind an ihrem andern Ende dadurch in Verbindung gebracht, dass a einen im Querschnitt quadratischen Stab c trägt, über den eine an b befestigte Hülse d geschoben ist. So wird verhindert, dass sich der eine Stab gegen den andern verdrehen kann, und es bleibt nur noch zu erwähnen übrig, wodurch beide gegeneinander gedrückt werden, um ein Festsitzen der Knöpfe in den Ohren der Taube zu bewirken. Es geschieht dies in

einfachster Weise durch einen Gummiring, welcher, um ein Abgleiten zu verhindern, durch die beiden kleinen aufgeschraubten Messingstücke i und k hindurch gezogen wird, in der Abbildung aber fortgelassen wurde. Die Ohrlöcher der Taube müssen natürlich vor dem Anlegen der Electroden sorgfältig von Federn befreit sein. Die Taube, welche, wie erwähnt, ganz frei unter der Drahtglocke steht und von allen Seiten gut sichtbar ist, erhält die electrischen Ströme durch das Schliessen und Oeffnen eines Telegraphentasters, ohne dass sie von dem ganzen Vorgang etwas anderes als eben die beabsichtigte Reizung wahrnehmen kann. Ich lege auf diese Versuchsanordnung grossen Werth, weil sie, wie unten noch ausführlicher zur Sprache kommen wird, sehr viel zuverlässigere Resultate liefert, als wenn das Thier mehr weniger gefesselt ist oder gar in der Hand gehalten wird und die für die Ertheilung der Reize nothwendigen Manipulationen in nächster Nähe des geängsteten Thieres vorgenommen werden.

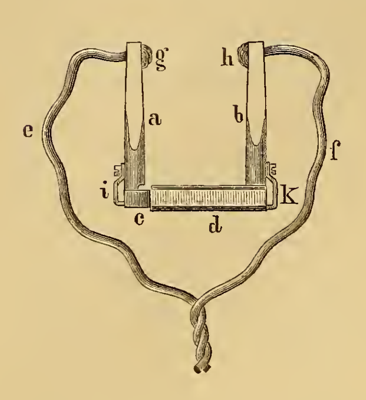


Fig. 61.

Der Electrodenhalter für die Taube; a und b Elfenbeinstücke; c ist in d verschiebbar und wird durch einen (in der Zeichnung fortgelassenen) Gummiring, der durch die Bügel c und k gezogen wird, hineingedrückt; e und f die umsponnenen dünnen Leitungsschnüre, die bei g und h mit Zwirn umwickelt sind. Verkl. 1 : 1,5.

Versuch 75 —— Nach stattgehabter Prüfung des normalen Verhaltens werden der Taube die beiden Labyrinthe vollständig entfernt. Die vordem benutzte Stromstärke ist jetzt völlig wirkungslos, und man kann bis zu den allerstärksten Strömen aufsteigen und erhält doch nie die früher beobachtete Wirkung. Wohl aber sieht man, wenn der Strom auch nur

mässig stärker ist als derjenige, der die erste Wirkung bei Anwesenheit der Labyrinthe erzeugte, dass die Taube eine kleine zuckende Bewegung mit dem Kopf macht, welche sich mit zunehmender Stromstärke vergrössert und zu welcher sich allmählig immer mehr Muskeln gesellen. Die Augen werden geschlossen, die Flügel heben sich beide mit einem plötzlichen Ruck, um sich aber auch sofort wieder zu schliessen. Bei sehr starken Strömen knicken auch bei vielen Thieren die Beine ein. ——

Versuch 76 —— Wurde der Taube nur ein Labyrinth entfernt, so ist die Reaction eine völlig verschiedene, je nach dem, ob sich an dem noch vorhandenen Labyrinthe die Anode oder die Kathode befindet. Im ersteren Fall verhält sich die Taube ungefähr so wie die doppelt operirte, das heisst, es kommt keine starke Kopfneigung mehr zu Stande. Im letzteren Falle verhält sich dagegen das Thier ungefähr wie ein normales, d. h. die in Rede stehende Kopfneigung tritt deutlich ein. ——

Ich habe die Resultate dieser beiden letzten Versuche bereits früher veröffentlicht und schon damals die Schlüsse gezogen, dass 1. bei der electrischen Durchströmung des Kopfes die Labyrinthe gereizt werden und dass 2. nur die Kathode als Reiz wirksam ist. Diese Versuche lassen wohl keinen Zweifel mehr aufkommen, dass das Hauptsymptom, welches wir beim galvanischen Schwindel beobachten, nämlich die Kopfneigung, durch Reizung des Endapparates des Octavus zu Stande kommt, und wir sind somit berechtigt, die Wirkungen des electrischen Stromes auf das Labyrinth näher zu studiren.

Die electrische Durchströmung des ganzen Labyrinths.

Die beste Anordnung für die Reizung eines ganzen Labyrinths für sich allein wird erreicht, indem man eine Electrode an dem zu durchströmenden Ohr, die andere in der Mitte der Brust befestigt. Als Ohrelectrode verwendet man das oben be-

schriebene Electrodenpaar, verbindet aber nur die eine Leitungsschnur mit der Batterie. Für die indifferente Electrode habe ich vielerlei Applicationsweisen durchprobirt und bin schliesslich bei dem etwas radicalen, aber einzig sicheren Mittel verblieben, einen blanken Draht durch die Crista sterni zu ziehen. Man bläst die Federn der stets nackten Brustmitte auseinander und sticht mit einem Pfriemen am oberen Ende der Crista quer von rechts nach links durch Haut, Muskeln und Knochen hindurch. Das Loch ist nur wenige Millimeter vom Rande entfernt, so dass die durchstochenen Muskelschichten selbst bei fetten Tauben nur ganz geringe sind. Langsam wird der Pfriemen, während das Thier ganz ruhig liegt, zurückgezogen und statt seiner ein Kupfer- oder Platindraht durch den Kanal gesteckt, dann um den Rand der Crista herum zusammengebogen und verdreht. Eine Blutung habe ich bei dieser kleinen Operation nie gesehen.

Befindet sich am Ohr die Kathode und lässt man den Strom nur ganz allmählig anwachsen, so kommt es zur oben bereits erwähnten electrischen Labyrinth-Reaction, welche hier als Reiz-Reaction auftritt und identisch ist mit der Ausfallsreaction, welche die Fortnahme des anderen Labyrinths verursachen würde.

Zu Beginn besteht die Labyrinthreaction aus einer fast reinen Kopfneigung, und zwar neigt sich der Kopf in unserem Falle von der Kathode fort. Bei weiterer Steigerung der Stromstärke sieht man dann auch deutlich die Kopfdrehung sich zur Kopfneigung hinzugesellen, so dass sich der Schnabel ebenfalls von der Kathodenseite des Kopfes abwendet, also sich bei der Neigung, die der Kopf hat, nach unten richtet. Durch diese Reizung kommt man aber gewöhnlich nicht weiter als etwa 50° Neigung, dann treten allgemeine turbulente Bewegungen auf, welche ich auf Stromschleifen durch ausserhalb des Labyrinths gelegene Theile beziehe. Starke Gehörsempfindungen und Schmerz an den Electroden werden sich wohl hinzugesellen.

Von der Existenz nicht durch das Labyrinth gehender Stromschleifen kann man sich schon bei ganz niedrigen Stromstärken überzeugen, da sich die Pupillen sehr stark verändern, (Erweiterung an der Kathode, Verengerung an der Anode), Reactionen, welche in genau gleicher Weise auch nach der Entfernung beider Labyrinthe eintreten.

Lässt man den galvanischen Strom nicht allmählig wachsen und wieder abnehmen, sondern schliesst und öffnet man mit einem Telegraphentaster, so werden neben der Labyrinth-Reaction bei allen überhaupt wirksamen Stromstärken auch noch andere Bewegungen ausgelöst, welche ich als „Nebenreaction“ bezeichnen werde, da sie in ähnlicher Weise wie die bei ungeheuren Stromstärken schliesslich auftretenden allgemeinen Bewegungen offenbar nicht auf Reizung des Labyrinths beruhen. Momentan mit der Schliessung des Stroms zuckt das ganze Thier zusammen und macht eine kurze Bewegung mit beiden Flügeln.

Die gleiche Nebenreaction tritt dann auch bei der Oeffnung des Stroms ein, ist aber, namentlich bei grösseren Stromstärken, nicht so energisch wie die vorangegangene Schlussreaction.

Wie bei allen Thieren so überrascht es auch bei den Tauben, wie ausserordentlich schnell die electrische Reizbarkeit des Labyrinths abnimmt und bald ganz verschwindet. Auch Breuer macht schon auf diese Eigenschaft der electrischen Reizung aufmerksam. Um denselben Erfolg zu erzielen, muss man zu immer grösseren Stromstärken aufsteigen, und bald erhält man trotz der stärksten Ströme gar keine Labyrinth-Reaction mehr sondern nur noch die oben besprochene Nebenreactionen. Damit hängt auch die stets eintretende schnelle Abnahme der Reactionstärke während der Stromdauer zusammen. Will man den Kopf in der Stellung, die er nach Stromesschluss eingenommen hat, festhalten, so muss man die Stromstärke beständig steigern, sonst geht er allmählig in die Normalstellung zurück.

Andere Eigenthümlichkeiten, die die electrische Reizung des Labyrinths noch darbietet, werden geeigneter bei anderer Gelegenheit besprochen, und wir gehen somit zu der wichtigen Frage über, was denn geschieht, wenn am Labyrinth die Anode anliegt, während sich die Kathode an der Brust befindet. Beim Einschleichen in den Strom sieht man nur bei excessiven Stromstärken allgemeine Bewegungen auftreten, deren Character nicht von denjenigen abweicht, welche wir unter gleichen Umständen bei umgekehrter Lage der Electroden beobachtet haben. Auch sieht man beim Schliessen und Oeffnen des Stroms mit dem Telegraphentaster die Nebenreactionen in gleicher Weise wie früher. Stuft man aber die Stromstärke vorsichtig ab, so kommt man zu einem Grad der Reizung, bei dem die Nebenreaction noch nicht so stark ist, um die eigentliche Labyrinthreaction zu verdecken, letztere aber doch schon deutlich erkennbar ist. Es neigt sich dann auch der Kopf nach einer Seite hin, und wir haben allen Grund, diese Bewegung als eine ganz schwache Labyrinthreaction aufzufassen, da sie ausbleibt, wenn unter sonst gleicher Lage der Electroden das Labyrinth fehlt Diese Labyrinthreaction ist nun — und das ist ausserordentlich merkwürdig — ebenfalls zur Anode hin gerichtet, also dasselbe Labyrinth reagirt auf die Anode in umgekehrter Weise (mit der entgegengesetzten Bewegung) wie auf die Kathode. Da wir nun unbedingt annehmen müssen, dass die Kathode das Labyrinth reizt im engerem Sinne des Wortes, d. h. zur Thätigkeit anregt, so geht aus den eben angeführten Beobachtungen unweigerlich eine Hemmungswirkung der Anode hervor, und wir sehen uns also auch hier wieder zu der Annahme einer beständigen Thätigkeit des Labyrinths gedrängt. Aber ist es denn wirklich eine Anodenwirkung des benachbarten Labyrinthes, oder nicht vielleicht eine durch Stromschleifen veranlasste Kathodenwirkung des anderen Labyrinthes?

Wir müssen jetzt zunächst die letztgenannte Frage ent-

scheiden und uns darüber Gewissheit verschaffen, dass bei der angewandten Anordnung der Electroden, bei der die eine an der Brust, die andere an einem Ohre sich befindet, auch wirklich auf dieses Ohr die Wirkungen zu beziehen sind. Wir stellen daher die bisher geschilderten Versuche noch ein Mal an, wählen aber zum Versuchsthiere eine Taube, welche seit kurzer Zeit ein Labyrinth vollständig verloren hat. Die Reizung des erhaltenen Ohrs gibt dieselben Resultate, nur dass für die Wirkung der Kathode schon schwächere Stromstärken genügen, während zur Hemmung durch die Anode etwas stärkere Ströme als früher angewandt werden müssen. Letztere Hemmung beruht also ebensowenig wie die Reizung durch die Kathode auf Stromschleifen, die man sich durch das gegenüberliegende Labyrinth gehend denken könnte.

Wegen der grossen Wichtigkeit, die die Anoden-Hemmung hat, wurde dieselbe graphisch registrirt.

Versuch 77 —— Auf dem Scheitel einer Taube wird ein 15 cm langer aufrechtstehender, ganz leichter Hebel befestigt und das Thier so unterhalb der horizontal gelegten Trommel eines Kymographions gestellt, dass der Hebel beim ruhig dastehenden Thier eine Abcisse zeichnet. Nach Stromesschluss zeichnete der Hebel nach Verlauf einiger unregelmässigen Bewegungen eine neue Grade, welche oft über einen Centimeter von der Abcisse entfernt war. ——

Mit Hülfe der graphischen Fixirung liess sich auch die stets bei Oeffnung des Stromes, — gleichgültig ob wir es mit der Anoden- oder der Kathoden-Wirkung zu thun haben — eintretende zur Kathode gerichtete Bewegung in Bezug auf ihre Lage zur Normalstellung des Kopfes genau beobachten: Während der electrischen Reizung geht der Kopf nie ganz bis zur Normalstellung zurück, wenn auch die Abweichung von derselben bei langer Dauer des Stroms schliesslich eine sehr geringe wird. Oeffnet

man dann den Strom, so geht der Kopf nach der andern Seite über die Normalstellung hinaus und zwar desto mehr, je plötzlicher die Oeffnung geschah. Darauf wird dann sehr schnell die Normalstellung wieder eingenommen.

Worauf beruht diese entgegengesetzt gerichtete Bewegung des Kopfes bei der Oeffnung des Stromes? Eine wenn auch nur kleine Rolle spielt jedenfalls dabei der bei der Oeffnung auftretende Polarisationsstrom, wenigstens fand ich die Oeffnungsbewegung geringer bei der Anwendung unpolarisirbarer Electroden. Aber die Hauptwirkung muss sicherlich auf den plötzlichen freiwerdenden compensirenden Zug der antagonistischen Muskeln zurückgeführt werden. Denn man sieht zuweilen nach allmähliger nicht zu langsamer Steigerung der Stromstärke und plötzlichem Oeffnen des Stromes die Gegenbewegung grösser ausfallen als die ursprüngliche Reaction war. Auch ist sie desto geringer, je mehr die Einwirkung des galvanischen Stroms durch eine lange Stromdauer abgeschwächt war.

Fassen wir die wichtigsten Ergebnisse dieses Abschnittes zusammen, so ergiebt sich, dass sowohl die Kathode wie die Anode auf das Labyrinth wirken, die Kathode reizend mit sehr starker Labyrinth-(Reiz)-Reaction, die Anode hemmend mit nur schwacher Labyrinth-(Ausfalls)-Reaction. Auf welche Theile dabei der electrische Strom wirkt, darüber können wir vor der Hand noch gar nichts aussagen, nur lässt sich im Allgemeinen angeben, dass das Labyrinth zu erhöhter Thätigkeit angeregt wird, wenn der electrische Strom zu den Endpunkten des Organs hinfliesst, und dass seine Thätigkeit herabgesetzt wird, wenn die Ströme zum Stamm des Octavus hinfliessen. Dies ist keine Theorie, sondern ergiebt sich als Thatsache aus der Lage, die das Labyrinth im Grossen und Ganzen bei den Tauben inne hat.

Beide Electroden an den Labyrinthen.

Um beide Labyrinthe gleichzeitig den Wirkungen des electrischen Stromes zu unterwerfen, kann man die eine Electrode an der Brust bestehen lassen, während man die andere gabelt und mit dem Electrodenhalter in gleicher Weise beiden Ohren anlegt. Man erhält dann weder von den Kathoden noch von den Anoden irgend eine Labyrinth-Reaction, indem sich offenbar die entgegengesetzt gerichteten Bewegungen compensiren. Es kommt dann nur zu den Nebenreactionen, die wie bei den früheren Versuchen stärker bei Verwendung der Kathoden als bei Verwendung der Anoden, und ebenfalls stärker bei Schluss des Stroms als bei der Oeffnung sind.

Wichtiger für uns ist die Anordnung, bei der die Electrode an der Brust aufgegeben und der Strom quer von einem Ohr zum andern geleitet wird. Es summirt sich dann der Kathodenreiz am einen Ohr mit der Anodenhemmung am andern, und wir erhalten eine starke Labyrinthreaction mit all den Nebenerscheinungen, wie wir sie bereits oben als Kathodenwirkung eines Labyrinthes geschildert haben. Wir haben auch oben schon beschrieben, in welcher Weise diese Reizung von Ohr zu Ohr verläuft falls die Taube nur noch ein Labyrinth oder keines mehr hat. Doch müssen wir hier einige nähere Angaben hinzufügen, welche oben für die damals in Frage kommenden Verhältnisse ohne Werth waren. Erstens bleiben natürlich die Nebenreactionen auch bei den labyrinthlosen Tauben bestehen; Zweitens kommt es zu einer Hemmungswirkung der Anode, falls sich die letztere bei einseitig labyrinthlosen Thieren an dem unversehrten Ohr befindet.

Und schliesslich das Wichtigste: Da ja der Stamm des Octavus im Körper verbleibt, so tritt stets statt der Labyrinthwirkung eine Stammwirkung auf, wenn sich die Kathode in seiner Nähe befindet. Es entsteht dann ebenfalls eine

Kopfneigung, welche man als Stammreaction bezeichnen kann und welche der Richtung nach mit der Labyrinthreaction übereinstimmt. Sie ist freilich nur sehr schwach und kann füglich im allgemeinen unberücksichtigt bleiben, theoretisch hat sie aber eine unverkennbare Bedeutung. Eine Stammhemmung habe ich niemals, trotz vieler Versuche auch nur andeutungsweise gesehen.

Die electrische Reizung einzelner Labyrinththeile.

Da, wie wir gesehen haben, das Labyrinth als Ganzes electrisch erregbar ist, so wenden wir uns nun mit besonderem Interesse der Reizung einzelner Theile zu. Mit Hilfe des Präparates der Brücke kann man zeigen, dass eine Stromstärke, welche genügt um das Labyrinth als Ganzes zu reizen, falls man die Electroden an das äussere Ohr oder direct auf die knöchernen Ampullen anlegt, keinerlei Wirkung auf den häutigen Kanal ausübt. Der Erfolg bleibt negativ, auch wenn man die Stromstärke durch möglichste Annäherung der Electroden zu einander ausserordentlich steigert. Offenbar haben wir den Angriffspunkt für die electrische Reizung in den Nervenfasern selbst oder den ihnen aufsitzenden Endapparaten zu suchen. Wir werden also bei der Deutung der folgenden Versuche stets darauf unsere Aufmerksamkeit zu richten haben, in welcher Richtung diese Nervenendigungen durchströmt werden. Als bequemste Methode, das Labyrinth localisirt zu reizen, erschien die Anlegung von einer Electrode an dasselbe, während die andere als indifferente Electrode an der Brust befestigt wurde. Die oben mitgetheilten Versuche hatten ja ergeben, dass auf diese Weise das ganze Labyrinth gereizt werden kann, und man hätte daher meinen sollen, zur isolirten Reizung brauche man nur statt der Ohrelectrode einen Draht an irgend einen speziellen Labyrinththeil direct anzulegen. Freilich ohne die Labyrinthkapsel zu öffnen, denn ein Abfliessen der Bogenflüssigkeiten oder auch nur der

Perilymphe allein ergibt nachweislich eine Schädigung, deren Tragweite in Bezug auf die electrische Reizung nicht vorauszusehen ist. So wurden denn die Versuche in folgender Weise angestellt:

Die Bogenhöhle wird ziemlich weit eröffnet, nachdem der von ihrem Dach heruntergeschobene Muskel mit der Haut derart vernäht ist, dass er sich nicht mehr über die Oeffnung herüberlegen kann. Das knöcherne Labyrinth wird freigelegt, doch ohne dasselbe oder einen Blutsinus zu eröffnen. Ein kurzer Kupferdraht von 0,3 mm Dicke ist auf eine Länge von etwa 10 mm mit einer dicken Lage Schellack überzogen und zugleich der Kopfrundung der Taube entsprechend bogenförmig gekrümmt. Auf beiden Seiten von dem Schellaküberzug ist der Draht blank geputzt, überragt denselben aber nur um etwa 5—6 mm, so dass das ganze Drahtstück eine Länge von ungefähr 2 cm hat. Das eine freie Ende des Drahtes soll als Electrode dienen, das andere ist an dem Zuleitungsdraht, einem ganz dünnen 0,1 mm starken übersponnenen Kupferdraht, angelöthet. Es gilt nun das Drahtstück am Kopf der Taube zu befestigen. Aehnliche Aufgaben hat man versucht in der Weise zu lösen, dass man die Drähte oder Nadeln durch die dünne Platte des Schädelknochens hindurch stach oder sie zwischen den Kanälen und in den Räumen der Bogenhöhle mit Schwammstückchen, Gummi elasticum oder dergl. zu befestigen suchte. Diese Methoden genügen aber keineswegs, wenn sich das ungefesselte Thier mit den Leitungsdrähten am Kopfe soll bewegen können, und die zu befestigenden Gegenstände viele Stunden lang hintereinander absolut unverrückt liegen bleiben müssen. Nach mancherlei Versuchen habe ich nachfolgende Methode angewandt und stets sehr zweckmässig gefunden.

Das Aufgypsen der Gegenstände auf den Kopf der Taube.

Behufs Freilegung einer etwas grösseren Knochenfläche des Schädeldaches wird der Hautschnitt über die Medianlinie hinaus

verlängert und die Haut nach oben etwas weiter wie sonst hinaufgezogen. Die kleinen Blutgefässe, welche sich in dem zarten Bindegewebe auf dem Knochen befinden, werden nach den Seiten geschoben und die freigelegte Knochenfläche trocknet man mit einem Stück Fliesspapier. Während der Freilegung des Labyrinths ist die Schädeloberfläche stets genügend eingetrocknet, um den Gyps sofort heraufbringen zu können. Einige Vorsichtsmassregeln, die ich früher anwandte, und die den Zweck hatten, das Haften des Gypses zu erleichtern, habe ich später ohne Nachtheil fortlassen können. Immerhin mögen sie für den Fall, dass man in dieser Beziehung auf Schwierigkeiten stösst, angeführt werden. Ich durchlöcherte nämlich die Schädelplatte siebförmig mit einer Nadel, so dass der Gyps in die kleinen Oeffnungen etwas eindringen konnte, und trocknete ferner den freigelegten Schädelknochen mit einem Luftstrom aus, der vorher durch einen Chlorcalcium-Thurm geschickt wurde. Wenn man den Alabastergyps, den ich allein verwendet habe, mit reinem Wasser anrührt, so bindet er zwar sehr schnell und wird sehr hart, hat aber die für diesen Zweck unangenehme Eigenschaft zu bröckeln, wenn man seine Form vor dem völligen Erstarren noch etwas ändern will. Man thut daher gut, zu dem Wasser einen Zusatz einer Lösung von Gummi arabicum zu geben, wodurch das Erstarren zwar langsamer erfolgt, der Gyps aber bis zuletzt knetbar und biegsam bleibt[1]). Es werden in ein kleines tiefes Schälchen wenige Tropfen Wasser gebracht, dazu ein Tropfen einer Gummilösung und dann unter stetigem Rühren so viel Alabastergyps, bis nicht nur eine breiige sondern eine knetbare Consistenz erreicht ist. Eine kleine Menge dieser Masse etwa von der Grösse einer Linse wird auf die Mitte der trockenen und horizontal gestellten Schädelfläche gelegt und mit dem Finger nach allen

1) Auf die Wirkung des Gummizusatzes machte mich Herr cand. med. Kraft aufmerksam.

Seiten flachgedrückt, wobei man sich blos in Acht zu nehmen hat, nicht bis an den feuchten oder gar blutigen Rand der Haut zu gelangen.

Auf diese Gypslage legt man nun das Drahtstück mit seiner Schellackhülle auf und bringt sofort soviel Gyps darüber, dass sich der Schellack etwa in der Mitte eines kleinen Gypshügels befindet. Nach wenigen Minuten ist der Gyps so hart geworden, dass es klingt, wenn man mit einem metallenen Gegenstand daraufschlägt, und dann kann man das frei hervorragende Drahtende ohne Gefahr in jede beliebige Form biegen, um es dem Labyrinth anzulegen.

Der Gyps haftet so fest am Schädel, dass man an einem eingegypsten Faden ohne Gefahr die ganze Taube aufhängen kann. Bei stürmischen Bewegungen in Folge der Reizungen kann die Taube mit dem Gypsknopf gegen die Drahtglocke anschlagen, und er bleibt doch fest sitzen. Andererseits werden die Thiere so wenig durch ihn genirt, dass sie nie Versuche machen, denselben zu entfernen. Weder schütteln sie mit dem Kopf noch kratzen sie darnach mit den Füssen, und oft genug habe ich sie in den Pausen zwischen den einzelnen Versuchen die hingestellten Erbsen fressen sehen. Man kann natürlich eben so gut wie einen Draht deren zwei in gemeinschaftlicher Schellackhülle zur bipolaren Reizung auf den Kopf aufgypsen. Aber etwas schwieriger ist die Befestigung eines Gegenstandes, der wie z. B. der pneumatische Hammer eine ganz genaue Lage zum Labyrinth einnehmen soll. Man muss ihn, solange der Gyps noch weich ist, mit den Fingern in ungefähr der richtigen Stellung halten. Dann, wenn der Gyps schon genügend fest ist, um ein selbstständiges Fallen oder Sinken des Gegenstandes zu verhindern, bringt man die Taube unter die Westien'sche Lupe und kann jetzt noch die nöthigen minimalen Verschiebungen machen, welche zur ganz genauen Einstellung des Gegenstandes nöthig sind.

Schliesslich noch ein Wort für den Fall, dass das aufzugypsende Stück nicht direct auf dem Schädelknochen liegen soll, sondern in einem gewissen Abstand von demselben zu befestigen ist. Man thut dann gut, zunächst einen kleinen Gypsthurm auf dem Knochen erstarren zu lassen und auf diesem dann, wie sonst direct auf dem Knochen, den Gegenstand aufzugypsen, wobei man den bereits erstarrten Gyps an den Stellen, wo der frische haften soll, anzufeuchten hat.

Die Gypsknöpfe halten stets mehrere Tage lang, so dass man die Versuche auch noch am folgenden Tage wiederholen kann. Sollte doch einmal ein Gypsknopf abfallen, so kann man ihn mit etwas frischem Gyps wieder festkleben. Zuweilen hat man den Wunsch, einen möglichst schnell erstarrenden Gyps zu verwenden, man lässt dann natürlich den Gummizusatz fort und kann statt dessen etwas pulverisirtes Kochsalz hinzufügen, wodurch die Geschwindigkeit des Erstarrens noch erhöht wird.

Nach dieser Einschaltung der Methode des Aufgypsens kehren wir nun zu unserem Versuch zurück. Das freie Ende des eingegypsten Drahtstückes wird mit der Pincette unter der Westien'schen Lupe derart gebogen, dass seine abgerundete Spitze die gewünschte Labyrinthstelle nicht nur berührt, sondern federnd gegen dieselbe drückt. Der Draht wird also zunächst etwas zu stark gebogen, an der später zu berührenden Stelle vorbei, und dann erst auf dieselbe aufgesetzt. Hier bleibt er, gerade weil er federt, unverrückt stehen, und man erkennt leicht das gute Anliegen, wenn man mit der Pincette an ihn leise klopft und er sich dadurch nicht bewegen lässt.

Falls man fürchtet, dass nach der Befreiung der Taube der heruntergeschobene und mit der Haut vernähte Muskel dennoch den Draht berühren könnte, so kann man in die Schädelöffnung zwischen Draht und Muskel eine dünne Gummiplatte (Condom)

schieben, oder auch nachträglich das nackte Ende des Drahtes mit einer Kautschuklösung überziehen. Von vornherein isolirte Drahtstücke zu verwenden ist nicht rathsam, besonders nicht, wenn es sich um zwei Drähte handelt.

Nach der Befreiung kommt das Thier unter die Drahtglocke, und man hat alle Musse die Wirkung der electrischen Ströme zu beobachten. Es kann auch beliebig oft die Lage der Electrode am Labyrinth gewechselt werden, wozu man allerdings das Thier jedes Mal wieder unter die Westien'sche Lupe bringen muss. Es zeigt sich nun, dass, wo man auch den electrischen Strom am Labyrinth ein- oder austreten lassen möge, man immer nur das ganze Labyrinth reizt, nicht gesondert die einzelnen Ampullen. Ist die am Labyrinth anliegende Electrode die Kathode, so erhalten wir immer die uns schon bekannte Labyrinth-Reiz-Reaction; ist es die Anode, die Labyrinth-Hemmungsreaction. Auch hier gesellen sich zu den eigentlichen Reactionen die Nebenreactionen hinzu.

Durch dies Resultat stutzig gemacht, zweifelte ich daran, ob der galvanische Strom unter diesen Bedingungen durch die knöcherne Labyrinthkapsel hindurch zu den darunter liegenden Gebilden gelangt, oder ob er nicht fast ausschliesslich in der Knochenkapsel selbst um das ganze Labyrinth herumläuft, und nur geringe Stromschleifen durch dasselbe hindurch sendet. Ich wünschte deshalb den Strom direct mit der Endolymphe in Verbindung zu setzen, und um dabei doch nicht ein Abfliessen derselben zu gestatten, verfuhr ich unter Benützung der Plombirungsmethode in folgender Weise.

Versuch 78 —— Der Canalis externus wird geöffnet, der häutige Bogengang durchschnitten und in das Ampullenende desselben ein blanker zugespitzter Kupferdraht gesteckt. Derselbe ist 1 mm lang und 0,1 mm dick. Darauf wird die Oeffnung des knöchernen Kanals plombirt und in die Plombe eine Draht-

schlinge, wie sie die Figur 62 zeigt, eingeschlossen. Die Drahtschlinge ist aus einem blanken 0,1 mm starken Kupferdraht zusammengedreht und sieht nur mit der Oese aus der Plombe heraus. Am nächsten Tage wird die Wunde wieder geöffnet und in die Oese der Plombe ein Kupferdraht eingehenkt, über den zu seiner Isolirung ein Stückchen Gummischlauch (e) gezogen ist. Um einerseits diesen letzteren festzuhalten, andererseits den Contact zwischen Oese und Draht zu sichern, wurde der Gummischlauch etwas zur Plombe hingedrückt und dabei am andern Ende mit dem Draht umwickelt, wie es die Fig. 62 zeigt. Die Elasticität des Schlauches drückt dann beständig den Draht von der Plombe fort und verhindert eine Contactstörung der in einander greifenden Drahtösen. Bei diesem Versuch war ein Austreten der Perilymphe durch die Plombe verhindert, und zu gleicher Zeit durch die Einschiebung des Drahtstückchens in den häutigen Kanal eine electrische Verbindung des Leitungsdrahtes mit der Endolymphe mit Sicherheit hergestellt. Dennoch erhielt ich bei der Zuleitung des Stromes keine andern als die bisherigen Resultate, welche auch keine Veränderung erfuhren, als diese letztbeschriebene Methode am Canalis posterior angewandt wurde.

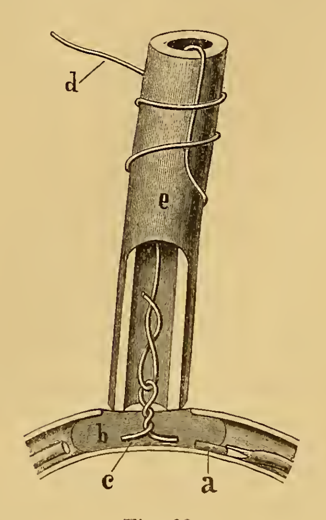


Fig. 62.

Die electrische Verbindung zur Endolymphe. In den häutigen Kanal ist der Draht a gesteckt, auf ihm liegt die Plombe b und in dieser befindet sich die Drahtöse c. Der Zuleitungsdraht d ist durch die Oese c geschlungen und dann derart um den Gummischlauch e gewickelt, dass dieser ihn nach oben zieht und den Contact mit der Oese sichert.

Die bipolare Reizung einzelner Labyrinthstellen.

Bei dem vorigen Versuch war nicht nur durch die Einsetzung der Plombe eine Flüssigkeitsbewegung im knöchernen Kanal aufgehoben, wie das bei allen Plomben der Fall ist, sondern es war ja auch durch die Eröffnung des häutigen Kanals ein Ineinanderfliessen der Bogenflüssigkeiten möglich geworden. Es musste deswegen bei diesen Versuchen die Frage entstehen, ob überhaupt unter solchen Umständen eine electrische Reizung der benachbarten Ampulle möglich ist. Sie konnte bereits derart geschädigt sein, dass sie überhaupt nicht mehr auf den electrischen Reiz reagirte. So sah ich mich genöthigt auch noch die Methode der bipolaren Reizung anzuwenden. Liegen die beiden Electroden nur Bruchtheile eines Millimeters von einander entfernt der knöchernen Kapsel einer Ampulle an, so kann man wohl annehmen, dass von allen Stromschleifen, die durch das häutige Labyrinth hindurch gehen, diejenigen, die die benachbarte Ampulle durchsetzen, die grösste Intensität haben und dass eine vorsichtige Abstufung der Reize dann zu einer isolirten oder doch wenigstens fast ausschliesslichen Reizung dieser Ampulle führen müsse. Es ist dies nicht der Fall, und ich würde mich einfach mit der Constatirung dieses von dem früheren nicht abweichenden Resultats begnügen, wenn nicht die Methode der bipolaren Reizung noch in anderer Beziehung von Interesse wäre.

Versuch 79 —— Statt des früheren einfachen Drahtes werden zwei derselben auf das Schädeldach aufgegypst, und die Enden dieser beiden Electroden werden zunächst an den horizontalen Kanal gelegt, wie es die untenstehende Fig. 63 zeigt. Wie man sieht, berühren die beiden Drähte den Anfang und das Ende des Mittelstücks des Bogens. Der eine liegt also in der Nähe der Ampulle ohne sie jedoch zu berühren, der andere

weiter von ihr entfernt. Dies ist die wichtigste Anordnung für die bipolare Reizung, da man bei ihr am sichersten die Bahnen des electrischen Stroms beurtheilen kann und an allen drei Kanälen genau das gleiche Resultat erhält. Dieses ist nun dadurch sehr interessant, dass die Reaction durch die Stromesrichtung umgekehrt wird. Befindet sich nämlich die Kathode näher an der Ampulle, so erhalten wir Labyrinth-Reiz-Reactionen, befindet sich aber dort die Anode, so beobachten wir im Gegentheil die schwache Labyrinthhemmungs-Reaction. ———

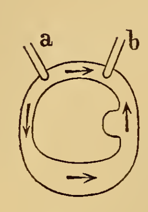


Fig. 63.

Schema der Richtung der electrischen Ströme bei bipolarer Kanalreizung, wenn a die Anode und b die Kathode ist.

Im ersten Augenblick erscheint dieses Resultat noch besonders dadurch merkwürdig, dass die Wirkung der Labyrinthreizung, die wir sonst von absteigenden Strömen ausgehen sehen, hier scheinbar durch einen Strom zu Stande kommt, der von aussen zur Ampulle hin gerichtet ist. Aber es ist natürlich gar nicht der von der Anode zur Kathode direct im Kanal verlaufende Strom, der die Ampulle reizt, sondern es sind die in der anderen Richtung um den Kanalring herumlaufenden Stromschleifen, welche also doch in absteigender Richtung die Ampulle durchströmen (Fig. 63). Eine andere Lage der Electroden, welche noch sehr gleichmässige Resultate liefert, besteht in der Berührung der Kuppe einer Ampulle mit der einen Electrode, während sich die zweite seitlich rechts oder links — es macht das gar keinen Unterschied — am Fusspunkt der Ampulle befindet. Man erhält dann Labyrinth-Reiz-Reactionen, wenn die Kathode dem höchsten Punkt der Ampulle anliegt, im umgekehrten Fall Labyrinth-Hemmungs-Reactionen. Also auch hier sehen wir immer bei absteigenden Strömen die Reizung, bei aufsteigenden die Hemmung eintreten.

Bei den übrigen noch möglichen Combinationen für die Electrodenlagerung kann man die Richtung der Ströme nicht mit Sicherheit angeben, und es werden auch stets einzelne Stromschleifen bei beiden Richtungen des Hauptstroms in Bezug auf die Durchströmung der Ampullen gleich gerichtet sein. So wird es erklärlich, weshalb bei den andern Anordnungen als den bereits besprochenen die Reactionen nicht mehr so deutlich sind und weshalb die Umkehr derselben durch Commutation des Stroms häufig versagt. Als Resultat aller electrischen Reizungen komme ich daher zu folgenden Schlüssen: Es gelingt bisher nicht mit Hülfe des galvanischen Stroms einen bestimmten Abschnitt des Labyrinths isolirt zu reizen, sondern es erstreckt sich unter allen Umständen die Wirkung auf das ganze Labyrinth. Doch kann man zwei verschiedene Wirkungen des electrischen Stromes streng von einander scheiden, die starke Labyrinth-Reiz-Reaction, wenn der Strom absteigend gerichtet ist und die schwache Labyrinth-Hemmungsreaction, wenn der Strom in entgegengesetzter Richtung durch das Organ fliesst.

Aber warum wird denn das ganze Labyrinth gereizt, wenn doch die jedenfalls überwiegend stärksten Stromschleifen nur durch eine Ampulle gehen? Auf diese Fragen kann ich vorläufig keine Antwort geben, doch möchte ich annehmen, dass der durch die electrische Erregung erzeugte Zustand der Nervenfasern im Octavusstamm von einer Faser auf die andere übergeht. Wahrscheinlich erscheint es mir auch, dass der Angriffspunkt für den electrischen Strom gar nicht das eigentliche Endorgan ist, ich meine dasjenige Organ, auf welches die normalen Erregungen wirken, sondern vielmehr die letzten Verzweigungen des Octavus selbst. Es liesse sich wenigstens sonst schwer einsehen, weshalb auch die stärksten electrischen Ströme, selbst bei Anwendung der wirksamsten Ordnung, nur einen so relativ schwachen Erfolg zeigen. Niemals habe ich mit Hilfe des electrischen Stroms eine auch nur annähernd

so starke Labyrinthreaction erhalten, wie man sie mit Leichtigkeit durch mechanische Reize erzeugen kann.

Mit der electrischen Reizung hat sich auch Breuer[1]) eingehend beschäftigt und zieht aus seinen Beobachtungen meinen Resultaten durchaus widersprechende Schlüsse, indem er behauptet, mit Hilfe des electrischen Stromes die speciellen Functionen der einzelnen Ampullen nachgewiesen zu haben. Da ich sehr viele Versuche dieses um die Physiologie der Bogengänge so hochverdienten Forschers wiederholt habe und sie stets bestätigen konnte, so bin ich überzeugt, dass auch in diesem Falle die Angaben über seine Beobachtungen völlig zuverlässig sind. Es kann sich daher hier nur darum handeln, ob Breuer berechtigt war, aus seinen Beobachtungen die angeführten Schlüsse zu ziehen. Betrachten wir etwas genauer, unter welchen Umständen er seine Beobachtungen anstellte und welcher Natur dieselben sind.

Wenn es darauf ankommt, wie bei den in Frage stehenden Untersuchungen, von den drei Ampullen specifische Bewegungen zu erhalten, so ist natürlich die Ampulla externa die wichtigste. Denn die ihr zukommende Kopfbewegung (Kopfdrehung) unterscheidet sich am deutlichsten von der Kopfbewegung, welche durch Reizung des ganzen Labyrinthes ausgelöst wird, also der Labyrinthreaction. Die specifischen Bewegungen der Ampulla anterior und posterior enthalten auch eine Kopfneigung, und es gesellt sich nur zu dieser eine dem Kanal entsprechende Kopfbewegung nach unten oder oben. Die Labyrinthreaction ist hingegen anfänglich eine fast reine Kopfneigung, wozu erst bei etwas stärkeren Reactionen, die dem Canalis externus entsprechende Kopfdrehung hinzukommt. Erhält man also von der Ampulla externa aus eine reine Kopfdrehung, so wird dadurch am klarsten die Möglichkeit der localisirten Reizung der

[1]) Pflüger Arch. Bd. 44. p. 135.

Ampulle bewiesen. Nun schreibt Breuer[1]: „Am schwierigsten gelingt es von der Horizontalampulle aus, reine horizontale Kopfwendungen zu erzeugen.“ Hiernach scheinen die Versuche häufig auch andere Bewegungen als die in den Richtungen der Kanäle ergeben zu haben, und am häufigsten scheint dies gerade bei der Ampulla externa der Fall gewesen zu sein. Dabei ist nun noch bedeutsam, dass sich zu der gewünschten Kopfdrehung gewöhnlich nur die Kopfneigung mischte, während doch die der Ampulla externa anliegende Ampulla anterior die Kopfneigung nur als die eine Componente enthält und als andere die auffallende Kopfbeugung nach hinten. Die Inconstanz der von Breuer beobachteten Bewegungen erklärt sich meiner Ueberzeugung nach aus dem Umstande, dass er seine Untersuchungen an Thieren angestellt hat, welche an Beinen und Flügeln gebunden waren und sich in einem „Zustand von Stupor“ befanden, der nach dem Erwachen aus der Aethernarkose zurückbleiben soll. Nach meinen Erfahrungen kann ich unmöglich diese Versuchsanordnung für ausreichend ansehen, um daraus sichere Schlüsse zu ziehen. Wir haben oben gesehen, dass mit jeder Reizung des Labyrinths eine Nebenreaction verbunden ist. Mag dieselbe beruhen worauf sie wolle, sie veranlasst jedenfalls die Taube zu Bewegungen, welche nichts mit den vom Labyrinth ausgehenden Reactionen zu thun haben. Ist nun das Thier gefesselt, so wird es durch die Nebenreactionen veranlasst, gegen die Fesselung anzukämpfen und dabei kann es auch mit dem Kopf besondere, ohne die Reizung nicht zu Stande kommende Bewegungen ausführen. Wenigstens habe ich bei gefesselten Thieren die mannigfachsten Kopfbewegungen beobachtet, welche bei dem später frei dastehenden Thiere den stets gleich verlaufenden Reactionen wichen. Auch möge die von Breuer hervorgehobene Nachwirkung der Aethernarkose einen unvortheilhaften Einfluss auf die Reinheit der Reactionen ausüben.

[1]) l. c. p. 148.

Breuer gibt ferner an, sehr häufig bei den gleichen Reizen bald eine Bewegung im einen, bald im andern Sinne erhalten zu haben. Dies habe ich bei den vielen Hunderten von Reizversuchen, die ich angestellt habe, nicht ein einziges Mal gesehen, und es ist mir auch ganz unerklärlich, — falls es sich nicht um willkürliche, durch die Reizung des Labyrinths nur indirect ausgelöste Bewegungen handelt — wie derselbe Reiz die entgegengesetzten Wirkungen hervorbringen soll.

Kapitel XII.

Die chemische, die thermische und die mechanische Reizung des Labyrinths.

Die chemische Reizung.

Dass die häutigen Kanäle mit chemischen Mitteln berührt werden können, ohne dass Bewegungen ausgelöst werden, hat uns das Präparat der Brücke gelehrt. Wir nehmen also auch von diesem Reiz an, dass er nur auf die eigentlichen Endapparate des Octavus, resp. auf ihn selbst wirkt. Die Schwierigkeiten, welche sich einer erfolgreichen Anwendung des chemischen Reizes auch sonst zu physiologischen Untersuchungen entgegenstellen, werden hier, wo es sich um so kleine Dimensionen der zu reizenden Gebilde und um capilläre Räume jeder Form handelt, ganz besonders grosse und namentlich ganz unübersehbare. Ein Theil der Erfolge bei chemischen Reizungen, die man bisher am Labyrinth wahrgenommen hat, ist gewiss auf physikalische Ursachen zurückzuführen. Es kommen dabei die Druckveränderungen und Strömungen in Betracht, welche in mit Flüssigkeit erfüllten Räumen entstehen, wenn mit ihnen communicirende capilläre Räume mehr oder weniger mit Flüssigkeit gefüllt werden. Ferner Diffusionsströme, ferner die Abstossung, die verschiedenartige Flüssigkeiten auf einander ausüben können, die Verschiedenheit der Capillarconstanten bei den

verschiedenen Flüssigkeiten u. s. w. Was ich selbst von chemischen Reizungen gesehen habe, hat mir diese Methode so unvollkommen erscheinen lassen, dass ich davon Abstand genommen habe, dieselben näher zu verfolgen und dieselben, was zunächst nothwendig gewesen wäre, am entfesselten Thier anzuwenden. Nicht viel besser liegen die Verhältnisse bei der

Thermischen Reizung.

Auch hier sind wieder zunächst die Beobachtungen am Präparat der Brücke zu erwähnen. Man kann den häutigen Kanal weiss dörren, und da keine Bewegung dabei entsteht, auf diese Weise seine Unempfindlichkeit gegen die Hitze zeigen. Wir erinnern uns jedoch, dass bei zu schneller Erwärmung desselben durch die Entstehung von Dämpfen ungemein heftige Bewegungen hervorgerufen wurden. Also auch bei diesem Reiz ist es nöthig die mechanische Wirkung auszuschliessen. Thut man das aber, indem man entweder nur durch Abkühlung die einzelnen Labyrinththeile zu reizen sucht, oder Sorge trägt, dass nie eine Erwärmung über 100^0 stattfinden kann, so sind die Reactionen sehr schwach und wenig geeignet, um eine localisirte Wirkung daran zu studiren. Dass aber die Dampfentwicklung localisirt reizt, habe ich durch folgende Versuche nachweisen können:

Versuch 80 —— Bei einer Taube wird das Brückenpräparat hergestellt und der freigelegte häutige Kanal dann auf einen dünnen Platindraht gelegt, dessen beide Enden in Leitungsschnüre übergehen, welche auf dem Schädeldach der Taube aufgegypst sind. Während die Taube frei dasteht, schickt man einen electrischen Strom durch den Platindraht, dessen Wirkung vorher probirt und so abgestumpft ist, dass der häutige Kanal zwar stark erwärmt, aber nicht durchgebrannt wird. Man sieht dann, falls das Präparat den Canalis externus betraf, eine ausserordentlich

starke Drehung des Kopfes zum Ampullenende des Kanals hin erfolgen. Handelt es sich um den Canalis posterior, so erfolgt die Bewegung in der Ebene dieses Kanals und ebenfalls in der Richtung zum Ampullenende. Aber diese Reize sind dann eben keine thermischen, sondern mechanische und für diese Reizmethode können wir bessere Versuchsanordnungen anwenden. —

Die mechanischen Reizungen.

Nachdem die übrigen Reizmethoden so ungenügende Resultate ergeben hatten, war die mechanische Erregung mit um so grösserer Hoffnung zu prüfen, als ja ohne Zweifel die normalen Erregungen ebenfalls mechanischer Natur sind. Auch ist es der mechanische Reiz, der allein von den Kanälen aus wirksam ist, wie das Brückenpräparat lehrte. Doch kam es darauf an, nicht nur den Reiz dem ungefesselten Thier ertheilen zu können, sondern auch sich frei von den Perilymphströmungen zu machen, deren störende Wirkung wir bereits oben ausführlich untersucht haben. Es blieb nichts anderes übrig, als auf das freigelegte häutige Labyrinth die Reize direct wirken zu lassen. Denn wenn auch durch die Eröffnung der knöchernen Kapsel und das Abfliessen der Perilymphe die Erregbarkeit des ganzen Labyrinths herabgesetzt wird, so kann doch anderseits dadurch die Localisirung des Reizes nicht behindert werden. Der Nachtheil der Freilegung des häutigen Kanals bestand also nur in der Abschwächung der mechanischen Reize. Nun sind diese aber in so hohem Grade wirksam, dass man immer Mühe hat, sie genügend abzuschwächen, und so ist in Bezug auf unsere Localisationsfrage das Abfliessen der Perilymphe eher vortheilhaft als nachtheilig.

Die mechanischen Reize, die man bisher in mannigfacher Weise angewandt hat, sind sämmtlich — ganz abgesehen von ihrer Applicationsweise am gefesselten Thier — nicht geeignet, präcise Antworten auf unsere Fragen zu geben. Die Wirkungen

mechanischer Reize sind hier, wo es sich um so kleine Räume und Spalten und capilläre Röhren und Schläuche handelt, sehr verwickelter Natur und keineswegs leicht übersehbar. Nur wer vielfach Gelegenheit gehabt hat, unter der Lupe die Wirkungen der capillären Bewegungen zu beobachten, kann sich von der Schwierigkeit die eigentliche Wirkung mechanischer Eingriffe zu beurtheilen, Rechenschaft geben. Man sieht zuweilen unter der Lupe ein kleines Blutcoagulum bergauf wandern, genau so, als würde dasselbe durch ein Flimmerepithel fortgetragen, aber die Ursache dieser Bewegung ist dann nur eine in relativ weiter Entfernung stattfindende Flüssigkeitsbewegung, etwa ein Austritt von Blut oder Perilymphe, der die weit verzweigten capillaren Räume an einzelnen Stellen füllt und dadurch an einem ganz anderen Orte die beobachtete Bewegung hervorruft.

Saugt man mit einem Stückchen Fliesspapier die Perilymphe aus einem Kanal, so wird letztere ja unzweifelhaft zu dem Fliesspapier hinbewegt, in welcher Weise aber dieser Eingriff auf die Endolymphe wirkt, ist zunächst gar nicht festzustellen. Wie wird überhaupt das Manco, welches durch das Fortsaugen der Perilymphe entsteht, ausgeglichen? Tritt neue Perilymphe in die knöcherne Kapsel ein, oder wird die ausfliessende Flüssigkeitsmenge durch eintretende Luft ersetzt? Und wie ändern sich dabei die Druckverhältnisse im endolymphatischen Raum?

Versucht man mit einer Nadel den häutigen Kanal zu comprimiren und dadurch das Labyrinth zu reizen, so wird, falls die Perilymphe die Nadel netzt, und besonders, wenn das Loch im Knochen nicht sehr gross ist, im Moment, wo die Nadel die Perilymphe berührt, letztere durch die capillären Kräfte angezogen, und es entsteht zunächst eine Bewegung der Perilymphe zur Nadel hin [1]).

---

[1]) Bei schneller Bewegung der Nadel, wie beim pneumatischen Hammer, und bei grosser Öffnung im knöchernen Kanal ist dieser Fehler nicht zu befürchten.

Man sieht wie schwierig die Beurtheilung der mechanischen Eingriffe ist, und grosse Vorsicht ist hier um so mehr geboten, als ja die natürlichen mechanischen Reize, welche durch die Bewegungen des Kopfes hervorgebracht werden, jedenfalls ganz ausserordentlich zarter Natur sind.

Alle die von mir angewandten mechanischen Reize sollten die Aufgabe lösen, den häutigen Kanal zu comprimiren und wieder frei zu geben. Ohne Frage muss bei dieser Compression eine Bewegung der Endolymphe nach beiden Seiten hin von der Compressionsstelle aus stattfinden, und wenn man am glatten Ende des Kanals durch Einsetzen einer Plombe ein Fortschreiten der Endolymphströmung nach dieser Seite hin ausschliesst, so wird allein die Wirkung auf die Ampulle übrig bleiben. Vorausgesetzt natürlich, dass in dem Labyrinth Einrichtungen getroffen sind, welche es verhindern, dass die Flüssigkeitsströmung in einem Kanal nicht auch auf die anderen Ampullen einwirkt. Letzteres findet nun thatsächlich nicht statt, wie sowohl aus den nachfolgenden Versuchen, als auch aus der gesonderten Wirkungsweise der einzelnen Kopfbewegungen bei den Rotationen des Thieres hervorgeht, und wir finden auch hierfür in der eigenthümlichen Anordnung der Kanäle eine mechanische Erklärung. Lässt man die zum Zwecke der Reizung erzeugte Compression des häutigen Kanals wieder frei, so wird sich derselbe wieder füllen und dadurch eine Endolymphströmung im entgegengesetzten Sinne entstehen. Doch darf man dabei eines nicht vergessen. Die beiden Reize, (der durch die Compression und der durch die Aufhebung derselben), sind zwar unter allen Umständen ihrer Richtung nach entgegengesetzt, aber keineswegs ihrer Stärke nach aequivalent. Die Schnelligkeit, mit der sich die comprimirte Stelle des häutigen Kanals wieder füllt, hängt natürlich wesentlich von der Grösse des Druckes im Endolymphraum ab. Auch könnte es bei voll-

ständiger Compression zu einem Adhäriren der einen Schlauchwand an der anderen kommen.

Zunächst versuchte ich aus einer feinen Röhre, welche auf dem Kopf aufgegypst wurde, Luft gegen den Kanal zu blasen. Diese Methode darf nicht mit der von Breuer angewandten Methode, welche darin besteht, die Luft in den knöchernen Kanal hineinzudrücken, verwechselt werden. Das Hineinblasen in die knöchernen Kanäle hat sich schon früher (pag. 213) als ungeeignet erwiesen.

In meinen Versuchen war der knöcherne Kanal in möglichst grosser Ausdehnung eröffnet und seine Ränder wurden so weit abgetragen, dass nur eine flache Rinne für den häutigen Kanal übrig blieb. Der Luftstrom wurde stets genau senkrecht gegen diesen letzteren gerichtet und auf diese Weise jedes Hineinblasen in die beiden Enden des knöchernen Kanals vermieden. Obgleich ich nun diese Versuche am ungefesselten Thiere anstellte und später, statt mit Luft zu blasen, mit Wasser in analoger Weise spritzte, bekam ich doch keine mich ganz befriedigende Resultate, weshalb ich auch diese Versuche hier nicht näher beschreibe. Abgesehen von den unangenehmen Umständen, dass die Luft den Kanal trocknet und das Wasser das Thier durch das Herablaufen belästigt, scheinen — so vermuthete ich wenigstens damals 1887 — auch sehr starke, das Thier ängstigende und erregende Gehörsempfindungen mit dieser Methode verknüpft zu sein. Ich wandte dann eine andere Methode, den häutigen Kanal zu comprimiren an, und diese hat so sichere Resultate ergeben, dass ich sie nicht nur als beste, sondern auch als gute Reizmethode bezeichnen kann. Es ist dies die Verwendung eines kleinen Stiftes, der sich in einem kleinen Cylinder bewegt und durch Luftdruck gegen den häutigen Kanal geschossen wird. Ich habe dem kleinen Apparat den folgenden Namen gegeben:

Der pneumatische Hammer.

Ein kleiner gerader auf beiden Seiten offener Stahlcylinder Fig. 64 a von 1,4 mm Durchmesser und 8 mm Länge ist in einer Messingplatte e, welche auf den Schädel der Taube aufgegypst wird, befestigt. In dem Cylinder kann sich ganz leicht ein Stempel, den ich „Hammer“ nenne, hin- und herbewegen, doch hat er, um nicht zu tief in den Cylinder eindringen zu können, einen kleinen angedrehten Anschlag c. Der Hammer, dessen im Cylinder gleitendes Stück 1,1 mm Durchmesser hat, verjüngt sich zu einem 0,35 mm Durchmesser habenden und 2 mm langen Theile, welcher stumpf endigt und gegen den häutigen Kanal anschlagen soll. Damit jedoch dieser Anschlag nicht zu hart ausfällt, und um namentlich eine Zerstörung des Kanals bei häufig wiederholter Reizung zu verhüten, thut man gut, das äusserste Ende des Hammers mit einer Kautschuklage zu überziehen. Unvulkanisirter Kautschuk löst sich leicht in Benzin auf. In eine solche Lösung, die man durch Verdunsten des Benzins bis zur Honigconsistenz eindickt, steckt man das Hammerende etwa 1 mm tief hinein und lässt den Kautschuk nach dem Herausziehen fest werden, sobald dies geschehen, was nach wenigen Minuten der Fall ist, wiederholt man diese Procedur bis sich ein kleiner birnförmiger Kautschukknopf am Ende des Hammers angesetzt hat.

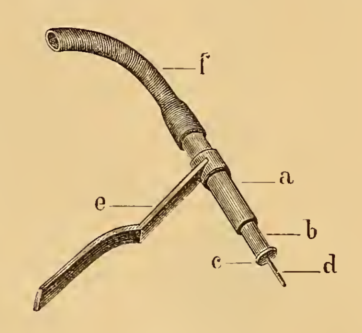


Fig. 64.

Der pneumatische Hammer. Der massive Cylinder (Hammer) b bewegt sich in dem hohlen Cylinder a, der durch das auf dem Schädel der Taube aufgegypste Stück e fixirt ist; d schlägt auf den häutigen Kanal; der Anschlag c verhindert ein zu weites Zurückgehen des Hammers; f der Gummischlauch.

Ueber das obere Ende des Cylinders a ist ein wenigstens 1 Meter langer Gummischlauch von der oben (p. 214) beschriebenen Art gezogen, und dieser endigt mit dem in Fig. 65 abgebildeten Gummiballon, mit dessen Hilfe die Luft im Cylinder comprimirt oder expandirt wird, um den Hammer entweder gegen den häutigen Kanal zu drücken oder wieder zurückzuziehen. Der Gummiballon muss zu letzterem Zweck ziemlich dickwandig sein. Er geht übrigens in eine Gummiröhre a über, und das gläserne Verbindungsstück b wird einerseits in diese Röhre, andererseits in den dünnen zum Hammer führenden Schlauch gesteckt. Noch ist zu bemerken, dass dies Verbindungsstück eine kleine seitliche Oeffnung bei c besitzt, um immer einen Ausgleich der Luft im Innern des Ballons mit der äusseren Luft zu gestatten. Das Loch ist so klein, dass beim Drücken und wieder Freigeben des Ballons doch der Druck in seinem Innern genügend positiv und negativ wird, um den Hammer in Bewegung zu setzen. Ohne dies Loch aber würde bei öfter wiederholter Comprimirung des Ballons bald so viel Luft zwischen Cylinder und Hammer austreten, dass der Ballon leer würde und man zur Ermöglichung noch weiterer Comprimirungen erst warten müsste, bis wieder ein genügendes Luftquantum auf demselben Wege in den Ballon gesogen worden ist. Auch würde jeder Comprimirung ein Anziehen des Hammers folgen müssen. So aber gestattet die Seitenöffnung durch schnelles Zusammendrücken des Ballons den Hammer gegen den Kanal zu stossen und ihn dann hier liegen zu lassen, während man den Ballon langsam wieder freigiebt.



Fig. 65.

Der Gummiballon mit dem der pneumatische Hammer in Bewegung gesetzt wird. Verkl. 1 : 1,3.

Das Aufgypsen des Hammers ist bereits oben (p. 241) beschrieben worden. Vor dem völligen Erstarren des Gypses muss der kleine Apparat natürlich unter der Lupe so gerichtet werden, dass der Hammer auch den häutigen Kanal trifft und zwar möglichst senkrecht. Bei dieser Einstellung ist es durchaus erforderlich, den Hammer nach Wunsch vorwärts oder rückwärts, wie bei den Versuchen selbst, bewegen zu können. Ferner muss während der ganzen Procedur des Aufgypsens der Hammer an dem Herausgleiten aus dem Cylinder verhindert werden, denn er würde sonst beim Einstellen hinderlich sein und könnte leicht durch Wundsecret benetzt werden. Jedes Eindringen von Flüssigkeit[1]) zwischen Hammer und Cylinder ist aber streng zu vermeiden, da dadurch der Hammer für die verwendbaren Druckkräfte unbeweglich wird. Man ersetzt deshalb während des Aufgypsens den Ballon durch eine kleine mit einem sogenannten Speichelfänger versehene Glasröhre, die man in den Mund nimmt, und kann nun durch beständiges Saugen den Hammer am Herausgleiten aus dem Cylinder verhindern, andererseits aber auch im richtigen Moment probiren, ob derselbe auf den häutigen Kanal trifft. Wem es Schwierigkeiten bereitet, während des Athmens beständig zu saugen, der möge sich an dem Speichelfänger ein Seitenrohr ansetzen und dies mit einem Bunsenschen Aspirator verbinden. Der saugende Luftstrom darf nur so gering sein, dass man ihn leicht mit dem Mund übercompensiren und den Hammer vorwärts treiben kann.

Ueber die Operation an der Taube ist wenig zu sagen. Die Sinus bleiben unberührt. Der knöcherne Kanal wird 1—2 mm weit eröffnet und bis zu einer Hohlrinne von weniger als halbkreisförmigem Querschnitt abgebrochen. Der Hammer schlägt in diese flache Rinne hinein, und sein Hub soll dabei nicht mehr als einen halben Millimeter betragen. Unter der Westienschen

[1]) Auch das Oelen ist für die Beweglichkeit des Hammers schädlich und daher zu vermeiden.

Lupe kann man sich davon überzeugen, dass der Hammer gewöhnlich keine völlige Comprimirung des häutigen Kanals bewirkt, sondern nur einen Theil desselben gegen die knöcherne Wand drückt. Experimentell überzeugt man sich von diesem Verhalten in leichter Weise, falls der Hammer zwischen der Ampulle des Kanals und einer Plombe angebracht ist. Eine ganz sanfte Berührung des häutigen Kanals zwischen Plombe und Hammer erzeugt gewöhnlich deutliche Bewegungsimpulse, doch kann man durch ein festeres Andrücken des Hammers auch das Ausbleiben dieser Reactionen herbeiführen.

Die bequemste Stelle ist für den Externus zwischen dem grossen Kreuz und der Ampulle gelegen, für den Posterior oberhalb der Kreuzung. Beide Kanäle sind gleich leicht zugänglich. Etwas unbequemer ist die Anbringung des Hammers an dem Anterior. Ich wähle dazu das Mittelstück.

Die reizende Wirkung des Hammers kann nur, wie wir wissen, darauf beruhen, dass die Endolymphe an der Compressionsstelle verdrängt wird. Aber es stehen ihr zwei Wege zum Entweichen offen, zur Ampulle hin und in entgegengesetzter Richtung zum glatten Ende des Kanals hin. Um nun die Wirkung des Hammerschlages auf das Labyrinth ganz eindeutig zu machen, setzt man, wie oben schon erwähnt wurde, zwischen seiner Applicationsstelle und dem glatten Ende des Kanals, möglichst dicht an der ersteren eine Plombe ein und schliesst damit jede Endolymphbewegung zum glatten Ende hin aus.

Und noch eine Vorsichtsmassregel, die man anwenden kann um die Wirkungsweise des Hammers ausser jeden Zweifel zu setzen, muss hier erwähnt werden. Statt nämlich die Compression des Ballons direct mit den Fingern auszuführen, kann man sie durch Niederdrücken eines Brettchens, das auf einen festen Widerstand stösst, bewerkstelligen. Auf diese Weise wird ganz

sicher eine rückgängige Bewegung des Hammers ausgeschlossen, falls man allein die Wirkung der Comprimirung des Kanals studiren will. Ist alles in Ordnung, der Kopf der Taube durch seitliches Oeffnen des Ringes vom Taubenhalter befreit, aber das übrige Thier noch gefesselt, so kann man bereits die Wirkung des Hammers probiren. Zugleich mit der Kopfbewegung macht aber das Thier meist auch eine allgemeine Anstrengung, um sich zu befreien. Die durch die Labyrinthreizung ausgelöste Kopfbewegung scheint gewissermassen die Taube darauf auf-

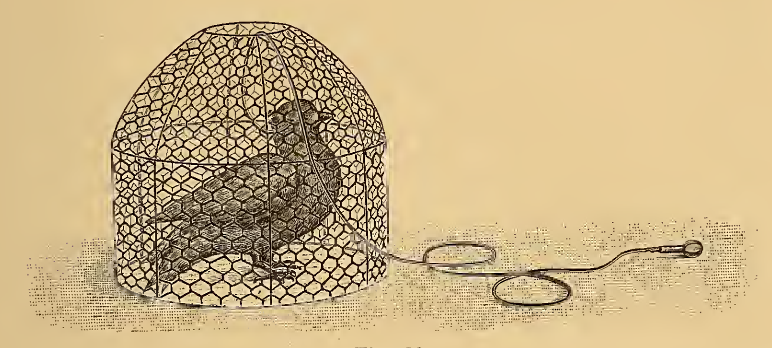


Fig. 66.

Die mechanische Reizung einer Ampulle durch den pneumatischen Hammer. Die Taube befindet sich dabei völlig frei unter der Drahtglocke.

merksam zu machen, dass sie gefesselt ist. Man kann daher auch diese mechanische Reizung mittels des pneumatischen Hammers nur vorwurfsfrei am entfesselten Thier vornehmen.

Aber etwas sieht man auch beim noch völlig unbeweglichen Thiere sehr gut, was man später nicht mehr so gut beobachten kann, das sind die Augenbewegungen. Sie sollen erst nachher mit den andern Resultaten aufgezählt werden, um sie mit diesen zusammen zu lassen.

Steht die Taube endlich ganz entfesselt unter dem Drahtkorbe, wie es die Fig. 66 zeigt, so wird sie in keiner Weise durch

den Hammer und den daran befestigten Gummischlauch belästigt. Stellt man ihr eine Schale voll Wasser unter den Korb und entfernt man sich, so senkt sie den Kopf zur Schale und trinkt, sie wendet den Kopf nach rechts und nach links — nichts verräth irgend eine Behinderung oder Beeinflussung ihrer Bewegungen. Jetzt kann man in aller Ruhe und von beliebiger Entfernung aus das Labyrinth reizen.

Versuch 81 —— Der pneumatische Hammer befindet sich über dem rechten Canalis externus, zwischen ihm und dem glatten Ende ist eine Plombe eingesetzt. Lässt man nun den Hammer anschlagen ohne ihm eine Rückbewegung zu gestatten, so erfolgt eine starke bis 90° betragende Drehung des Kopfes nach links **genau** in der Ebene des horizontalen Kanals. Zu dieser Drehung gesellt sich **niemals** irgend eine andere Bewegung des Kopfes hinzu, auch habe ich nicht ein einziges Mal gesehen, dass die Bewegung in umgekehrter Richtung erfolgt wäre. Gewöhnlich geht nach dieser Bewegung der Kopf unmittelbar darauf in die Normalstellung zurück. Wir ziehen dann den Hammer zurück und erhalten nun eine Kopfdrehung nach rechts, welche ebenfalls genau in der Ebene des Kanals abläuft, aber ungleich schwächer als die erste Bewegung ist. Wir drücken nach beliebiger Zeit wieder und erhalten die starke Bewegung nach links, wir lassen den Ballon nach beliebiger Pause wieder los und beobachten die schwache Drehung nach rechts, kurz **immer mit grösster Präcision das gleiche Resultat.** ——

Warum ist aber die Bewegung nach rechts so viel schwächer als die Bewegung nach links? Ein Unterschied in der Menge der sich bewegenden Endolymphe ist wohl nicht anzunehmen, wohl aber kann man sich, wie oben bereits angedeutet, vorstellen, dass das Aufschlagen des Hammers das kleine zu verdrängende Quantum der Endolymphe schneller fortstösst als es nachher bei

dem Rücksprung desselben zurückfliesst. Keinesfalls reicht indessen dieser Grund aus, um den Unterschied der beiden Reactionen ganz zu erklären, denn der nächste Versuch wird zeigen, dass auch umgekehrt bei dem Rückgang des Hammers eine stärkere Bewegung ausgelöst werden kann als beim Aufschlagen. Es handelt sich vielmehr hier um denselben Unterschied zwischen Reizung und Hemmung, den wir schon früher bei der electrischen Reizung des ganzen Labyrinth's kennen gelernt haben. Die Reizung wirkt eben ungleich stärker als die Hemmung und es lehrt uns dieser Versuch, dass beim Canalis externus eine Bewegung der Endolymphe zur Ampulle hin mit einer Reizung, dagegen die umgekehrte Bewegung mit einer Hemmung verbunden ist.

Versuch 82 —— Der pneumatische Hammer ist über dem rechten Canalis posterior oberhalb des Kreuzes angebracht. Es befindet sich eine Plombe zwischen dem Angriffspunkt des Hammers und dem glatten Ende des Kanals. Wir beobachten ausnahmslos nur Bewegungen des Kopfes, welche genau in der Ebene dieses Kanals liegen, und zwar wird stets der Kopf zum Ampullenende hin gedreht, wenn der Hammer auf ihn schlägt und zum glatten Ende hin, wenn der Hammer abgezogen wird. Nun ist aber sehr wohl dabei die Umkehr in Bezug auf die Grösse des Erfolges gegen den vorigen Versuch zu bemerken. Trotzdem wir doch annehmen müssen, dass der mechanische Effekt d. h. die Schnelligkeit der Endolymphbewegung beim Rücksprung des Hammers eine geringere ist, erfolgt doch hierbei eine ungleich grössere Bewegung, und wir lernen daraus, dass beim Canalis posterior, umgekehrt wie beim Canalis externus, die Bewegung der Lymphe zur Ampulle hin hemmend wirkt und der Reiz eine Strömung in entgegengesetzter Richtung erfordert. ——

Der Canalis anterior verhält sich in dieser Beziehung genau so, wie der Canalis posterior, nur erfolgen die Bewegungen in

der ihm entsprechenden Ebene. Mit den Kopfbewegungen sind auch stets Augenbewegungen verbunden. Das benachbarte Auge bewegt sich stärker als das entferntere. Beim Versuch 81 wenden sich beide Augen nach links, beim Versuch 82 das rechte nach unten und das linke nach oben, wenn bei diesen Versuchen der Hammer aufschlägt.

In letzter Zeit habe ich statt eines stählernen pneumatischen Hammers vielfach einen gläsernen benutzt, der einfach aus einer Glascapillare (Hammer) besteht, welche in einer andern (Cylinder) gleitet. Ein solcher Hammer wiegt nur 5 mllgrm und bei einem Hube von 0,5 mm ist sein Anschlag auch an den empfindlichsten Hautstellen nicht zu fühlen, die Wirkung auf den häutigen Bogengang erfolgt aber so deutlich wie beim stählernen Hammer.

Kapitel XIII.

A. Allgemeine Analyse der Störungen nach Exstirpationen.

Wenn man die Functionen eines Organs noch gar nicht kennt, ist die sicherste Methode um Aufschluss über dieselben zu erhalten das Organ durch Vivisection zu entfernen. Aber wenn auch die Exstirpationsmethode gerade wegen ihrer relativen Einfachheit zu den sichersten Schlüssen führt, so darf man doch nie vergessen, dass auch sie so manche Schwierigkeiten bietet und dass bei genauer Zergliederung der Erscheinungen, die anfänglich so elementar und einfach scheinende Methode recht verwickelte und häufig genug trügerische Resultate herbeiführt. Es sind in letzterer Zeit wiederholt die theoretischen und practischen Schwierigkeiten, denen die Deutung der Erscheinungen nach Exstirpationen unterliegt, klargelegt worden. Man hat sich in Bezug auf das Sachliche im Allgemeinen geeinigt, weniger in Bezug auf die Bezeichnungsweise, und manche wichtigen Einzelheiten sind noch nie besprochen worden. Ich glaube es daher nicht umgehen zu können, meine eigenen Erfahrungen und Ansichten hier kurz anzugeben, damit ich mich bei der theoretischen Besprechung der vorliegenden Resultate in leichter Weise darauf beziehen kann. In allen wesentlichen Punkten stimme ich mit Goltz in dieser Beziehung völlig überein. Man hat zunächst immer zwischen den Ausfallserscheinungen und den Reizerscheinungen zu unterscheiden.

a. Ausfallserscheinungen

sind diejenigen Veränderungen im Verhalten des Thieres, welche durch den Ausfall der Function des fortgenommenen Organs

bedingt sind. Wir wollen uns zum leichteren Verständniss dieser Analyse der Erscheinungen an ein concretes Beispiel halten, wenn auch natürlich ein einziges Beispiel nicht für alle Einzelheiten ausreichen kann. Denken wir uns, man kennte noch nicht die Function der Augen, und wir wollten dieselbe an einer Katze ermitteln und hätten derselben zu diesem Zwecke beide Augen exstirpirt. Alle Erscheinungen, die uns dann das blinde Thier darbietet, die darauf zurückzuführen sind, dass es nicht mehr sehen kann, sind Ausfallserscheinungen: Die Katze stösst beim Gehen und Laufen gegen im Wege befindliche Hindernisse, wenn sie in einen ihr unbekannten Raum gebracht wird. Sie greift nicht mehr nach einer Maus, die wir ihr in einiger Entfernung vorhalten u. s. w.

Diese Ausfallserscheinungen imponiren uns meist in negativer Form. Das Thier thut oder zeigt dies oder jenes nicht mehr. Aber es gesellen sich dazu auch Erscheinungen anderer Art, die meist positiver Natur sind und die dadurch herbeigefüht werden, dass das Thier gewisse Massnahmen ergreift, um das fehlende Organ zu ersetzen. Ich nenne dieselben die „Ersatzerscheinungen“ und bei unserer Katze würden als solche zu bezeichnen sein z. B. das Tasten mit den Pfoten, bevor ein neuer Schritt gemacht wird, ebenso die vorgestreckte Haltung des Kopfes beim Gehen. Es ist für die Beurtheilung der Ersatzerscheinungen natürlich ganz gleichgiltig, ob man sich dieselben aus einer Ueberlegung oder dergleichen oder rein reflectorisch entstanden denken will. Die Ausbildung eines Collateralkreislaufes so wie die Volumenzunahme der zurückgebliebenen Niere nach Exstirpation der andern sind in gleicher Weise Ersatzerscheinungen.

Es leuchtet ein, dass **Ausfallserscheinungen, welche nicht Ersatzerscheinungen sind, durch die letzteren abgeschwächt und möglicherweise ganz aufgehoben werden können.** Man darf diesen Gegensatz, in dem sich

die beiden Erscheinungen in gewissem Sinne befinden, nicht aus den Augen verlieren, weil er das allmählige Verschwinden mancher Ausfallserscheinungen erklärt, die man aber nicht wegen ihres Unbestandes zu den Reizerscheinungen rechnen darf.

Erschreckt man die geblendete Katze am Tage nach der Operation durch ein starkes in ihrer Nähe erzeugtes Geräusch, so läuft sie in grösster Eile davon und stösst mit aller Kraft gegen irgend ein Hinderniss an. Nach einigen Tagen kann man sie aber nicht mehr zu so unvorsichtigem schnellen Laufen bringen. Sind ferner erst wenige Tage nach der Operation verflossen, so achtet sie noch nicht auf das Geräusch, das ein vor ihr zur Erde geworfenes Stück Fleisch hervorbringt. Sie hört offenbar nicht schlechter als einige Zeit später, aber sie verwerthet die Gehörsempfindung noch nicht zur Erlangung der Nahrung. Indessen das dauert nicht lange, und bald ergreift sie die hingeworfenen Fleischstücke so sicher wie ein sehendes Thier. Dass die Katze gegen Hindernisse anrennt, dass sie hingeworfene Fleischstücke nicht ergreift, sind beides Ausfallserscheinungen. Wir sehen sie nach einiger Zeit abnehmen oder gar ganz verschwinden, ohne dass besondere neue Erscheinungen wie das oben erwähnte Abtasten des Weges oder das Vorstrecken des Kopfes dazu kämen, und so ergeben sich für uns in ungezwungener Weise drei Stadien, die die Ausfallserscheinungen durchmachen, indem sie mehr und mehr von ihrer ursprünglichen Intensität verlieren.

a) „Stadium der mangelhaften Adaption" an den neugeschaffenen Zustand. Das Thier ist sich gewissermassen noch nicht seiner Ohnmacht bewusst.[1]) Die Katze läuft

[1]) Es sei nochmals darauf aufmerksam gemacht, dass ich hier, wie überhaupt immer, nur der grösseren Einfachheit halber den Willen, den Verstand, den Instinkt u. s. w. als Movens betrachte, anstatt die Sätze so zu verallgemeinern, dass auch die rein reflectorischen Vorgänge mit einbegriffen sind. Für den beobachtenden Physiologen halte ich es für ganz selbstverständlich, dass er nicht mit der Seele als einem Deus ex machina rechnet. Aber gerade

mit Gewalt gegen Hindernisse, achtet nicht auf das Geräusch hingeworfener Fleischstücke u. s. w.

b) Stadium der ausgebildeten Adaption. Das Thier verwendet die von jeher vorhandenen Hilfsmittel aufs vortheilhafteste, um die Ausfallserscheinungen zu verringern. Die Katze bewegt sich sehr vorsichtig und nimmt das Ortsgedächtniss, den Schall, den Geruch u. s. w. so viel wie möglich zu Hilfe.

c) Stadium der ausgebildeten Ersatzerscheinungen. Hier handelt es sich um die Benutzung von Hilfsmitteln, welche vor der Exstirpation in der gleichen Situation des Thieres nicht zu diesem Zweck verwendet wurden und vielfach auch gar nicht benutzt werden konnten, weil sie eben noch nicht ausgebildet waren. Dieses Stadium kann sich daher nur allmählig entwickeln, und es ist das Characteristicum der Ersatzmittel, dass sie erst vom Thier gewissermassen erfunden und ausgebildet werden müssen. Geht unsere Katze in den nächsten Tagen nach der Blendung langsam und vorsichtig, so thut sie nichts, das sie nicht auch in gleicher Lage vor dem Verlust der Augen gethan hätte. Sie hat sich dann mit ihren Bewegungen an ihre Blindheit „adaptirt" aber sie benutzt noch keine Ersatzmittel. Das hier in Frage stehende Stadium beginnt erst, wenn die Kopfhaltung eine ganz charakteristische möglichst nach vorn vorgestreckte geworden ist, wenn sie ferner die Pfoten wie der Blinde den Stock gebraucht, indem sie bei jedem Schritt vorher den Boden abtastet. Dies sind Massnahmen, die das Thier in der gleichen Lage (also im Hellen) vor der Blendung niemals nimmt. Die blinde Katze ist aber kein sehr gutes Beispiel, um speciell die

---

weil ich diesen Standpunkt für gesichert halte, sehe ich nicht ein, warum man sich nicht der einfacheren und leichter verständlichen Redeweise bedienen soll.

Ersatzmittel zu demonstriren. Denken wir lieber an einen Hund, dem das Rückenmark quer durchschnitten ist. Nach vielen Monaten nach der Operation fängt er wieder an sich aufzurichten und läuft scheinbar auf allen vieren durch das Zimmer, nachdem er so lange Zeit immer nur den Hinterkörper auf dem Boden nachgeschleift hat. Er hat nämlich ganz allmählig gelernt den Schwerpunkt des Rumpfes so weit nach vorn zu bringen, dass er den ganzen Körper allein auf den Vorderbeinen balanciren kann. Er macht mit diesen das Turnkunststück, welches die Wage genannt wird. Hierzu ist eine grosse Kräftigung der Brust-, Hals- und Vorderbeinmuskulatur nöthig, und ausserdem gehört natürlich ein besonderes Geschick dazu. Vor der Operation hat der Hund nie dieses Kunststück probirt, jetzt hat es ihn die Noth gelehrt, und wir sehen ihn durch dies Ersatzmittel befähigt wieder mit horizontalem Rücken im Zimmer umherzulaufen.

Wir müssen hier noch der Erscheinungen gedenken, welche durch den relativen Umfang der Operation bedingt sind. Im Allgemeinen wird es nicht möglich sein, gerade nur das fragliche Organ zu entfernen. Man nimmt zu viel oder zu wenig fort. Ist ersteres der Fall, so gesellen sich zu den Ausfallserscheinungen, die man untersuchen will, noch die der mitfortgenommenen Nachbarorgane. Wir nennen sie die „additionellen“ Ausfallserscheinungen. Hierzu würden die Folgen der mangelnden Thränensecretion zu rechnen sein, wenn wir unserer Katze mit den Augen auch die Thränendrüsen entfernt haben. Dagegen gehören die Erscheinungen, die speciell durch eine zu wenig ausgedehnte Operation zu Tage treten, nicht unter die Ausfallserscheinungen. Functionirt das zurückgebliebene Stück des Organs noch in alter Weise weiter, so beobachten wir „normale Resterscheinungen“, die eine Abtheilung sui generis umfassen, sind

aber, wie es meist zu sein pflegt, die Reste nicht mehr im Stande ihre ehemaligen Functionen auszuüben, so sprechen wir von „anormalen Resterscheinungen“ die zu den Reizerscheinungen zu rechnen sind.

b. Reizerscheinungen.

Dieselben treten uns entweder in positiver Form als die eigentlichen Reizerscheinungen oder in negativer Form als Hemmungserscheinungen entgegen. Wir legen indessen auf diesen Unterschied keinen besonderen Werth, weil dieselben ursächlichen Momente bald in der einen bald in der anderen Form sich äussern können. Empfindet unsere Katze in Folge der Operation Schmerzen, so kann sie in Folge davon ebenso gut Reize, auf die hin sie sich sonst bewegen würde, unbeantwortet lassen, wie sie vom Schmerz getrieben unruhig im Käfig umherspringen kann. Wohl aber müssen wir besonders diejenigen Reizerscheinungen hervorheben, welche nicht, wie es gewöhnlich zu sein pflegt, neben den Ausfallserscheinungen sich abspielen, sondern die letzteren mehr oder weniger verdecken, indem sie einen Fortbestand der ausgefallenen Functionen vortäuschen. Einige Beispiele werden diese Reizerscheinungen am einfachsten charakterisiren. Nehmen wir an einer Extremität einen Beugemuskel fort, so wird der Ausfall in einer verminderten Kraft der Beugebewegungen bestehen. Trotzdem können wir häufig beobachten, dass diese Extremität zunächst eine vermehrte Neigung zur Flexionstellung zeigt, ja unter Umständen zunächst dauernd flectirt wird, weil sich der Rest der Beugemuskeln in einem Reizzustand befindet. Noch reiner liegen diese Verhältnisse zu Tage, wo es sich um Exstirpation vom Centralnervensystem handelt. Wenn wir ein Stück Gehirn oder Rückenmark entfernen, welches das sogenannte Centrum für einen Muskel enthält, so werden wir eine Erschlaffung dieses Muskels zu erwarten haben. Aber wir werden von vornherein

annehmen, dass sie sich nicht sofort nach der Operation zeigen wird. Wir sind darauf vorbereitet, zunächst eine mehr oder weniger starke Contraction des seines Centrums beraubten Muskels zu finden. Die Reizung des von der Wunde zum Muskel führenden Nerven täuscht eine noch bestehende Function des Centrums vor. Noch besser werden diese Verhältnisse durch die Reizerscheinungen illustrirt, die man bei den Sinnesorganen beobachten kann. Hier soll ja nach dem bekannten Gesetz der specifischen Energie jeder Reiz, der den Nervenstumpf trifft, stets eine Empfindung auslösen, wie sie sonst durch das Sinnesorgan zu Stande kommt. Lassen wir es dahin gestellt, ob dieses Gesetz in dieser allgemeinen Form richtig ist, ohne Frage kann aber unter Umständen durch Reizung des Nervenstumpfes die specifische Thätigkeit des Sinnesorgans vorgetäuscht werden. Es wäre daher denkbar, dass der Opticusstamm unserer Katze durch den Heilungsprocess gereizt würde, und dass dadurch das Thier, so lange die Reizung währt, die Empfindung hätte, als wäre es sehend und befände sich im Hellen.

Es kann also unter Umständen durch Reizung der Umgebung ein Fortbestand des ausgeschalteten Organs vorgetäuscht werden. Ja es kommt nur auf die Stärke der Reize an, ob nicht sogar eine gesteigerte Function des letzteren vorhanden zu sein scheint. Die Ausfallserscheinungen können auf diese Weise völlig verdeckt werden, und es leuchtet ein, wie sorgfältig man auf diese Verhältnisse achten muss, wenn man hinter die Function eines exstirpirten Organs kommen will. Wir nennen solche Reizerscheinungen „Pseudofunctionen" und die Reize, die sie auslösen, Pseudofunctions-Reize.

Von den übrigen Reizerscheinungen haben wir oben schon die anormalen Resterscheinungen als besondere Gruppe abgesondert. Sie können ebenfalls sehr verhängnissvoll für die Deutung der Beobachtungen werden, besonders wegen ihrer eventuellen unbegrenzten Dauer. Denn da die Functionen der

zurückgebliebenen Reste des Organs nicht durch den Heilungsprocess bedingt sind, so brauchen sie nie an Intensität abzunehmen, und können, besonders falls sie in Folge der Operation anormal geworden sind, dauernd die wahren Ausfallserscheinungen trüben und leicht zu Irrthümern Veranlassung geben. Amputirt man einen ganzen Finger, so fällt damit seine Function fort, die man leicht feststellen kann. Lässt man aber ein Stück des Fingers stehen, und wird dieser Stumpf steif, so wird dadurch der Gebrauch der Hand bedeutend mehr als durch die Entfernung des ganzen Fingers beeinträchtet, und die Schlüsse, die man von dieser Schädigung im Gebrauch der Hand auf die Wichtigkeit des Fingers machen würde, wären sehr unrichtig.

Die folgende Tabelle soll die in Obigem gegebene Analyse der nach den Exstirpationen zu beobachtenden Erscheinungen in möglichst übersichtlicher Weise zusammenzustellen.

A. Ausfallserscheinungen.	**B. Reizerscheinungen.**	**C. Normale Resterscheinungen.**
Die direct oder indirect durch den Fortfall des fraglichen Organs bedingt sind. a) **Eigentliche Ausfallserscheinungen.** b) **Angeborene Ersatzerscheinungen,** die durch die Verwendung bereits vorhandener Hilfsmittel charakterisirt sind. c) **Erworbene Ersatzerscheinungen,** die durch neu ausgebildete Ersatzmittel den Ausfall mehr oder weniger ausgleichen.	Die direct oder indirect durch die Operation entstanden sind und nicht von dem Ausfall des fraglichen Organs herrühren. a) **Additionelle Reizerscheinungen.** b) **Pseudofunctionen.** c) **Anormale Resterscheinungen.**	In Folge unzureichender Fortnahme des Organs bleibt ein Theil der normalen Functionen bestehen.

Es fragt sich nun noch, wie man die Ausfallserscheinungen und die Reizerscheinungen als solche unterscheiden kann. Schulgemäss wird darauf geantwortet, dass die Ausfallserscheinungen dauernd bestehen bleiben, die Reizerscheinungen sich dagegen mehr weniger schnell verlieren, dass ferner die Ausfallserscheinungen unter allen Umständen vorhanden sein müssen und daher auch am reinsten bei denjenigen Thieren zu finden sind, welche in Parallelfällen das geringste Mass von Störungen zeigen. Wie aus den obigen Bemerkungen schon hervorgeht, sind beide Erkennungszeichen häufig trügerisch. Was zunächst die Dauer der Störungen anbelangt, so können nicht nur die anormalen Resterscheinungen sondern auch andere Reizerscheinungen dauernd ungeschwächt fortbestehen z. B. die Folgen von Narbencontractionen. Was ferner das Minimum der Störungen betrifft, so leitet hierbei die individuell sehr verschiedene Ausbildung der Ersatzmittel leicht irre.

Man wird vielleicht meinen, dass ich mehr Schwierigkeiten zu sehen glaube, als in Wirklichkeit vorhanden sind, und dass man die wahren Ausfallserscheinungen doch leicht herausfinden und von den von mir aufgestellten Begleiterscheinungen leicht trennen könne. Aber dem ist durchaus nicht so. Freilich bei der blinden Katze ist die Analyse der Erscheinungen leicht. Sie kann gleich nach der Operation nicht mehr sehen und kann auch später, mag sie nun so lange leben, wie sie wolle, nie wieder sehen. Hier liegen indess die Verhältnisse nur deshalb so einfach, weil wir die Function der Augen von vornherein sehr genau kennen. Man denke aber z. B. an die Exstirpation der Schilddrüsen. Welches sind hier die Ausfallserscheinungen? Doch ich brauche mich ja nur auf die obigen Untersuchungen über die Bogengänge zu berufen, für die diese Auseinandersetzungen ja geschrieben sind. Wo die Functionen wie bei den Bogengängen noch völlig dunkel sind, kommt man ohne eine sehr sorgfältige Analyse der einzelnen Symptome nach den

Exstirpationen höchstens durch Zufall, jedenfalls nicht durch wissenschaftliche Methode weiter.

B. Die nach den Operationen am Labyrinth zu beobachtenden Störungen sind Ausfalls-Erscheinungen.

Diese in der Ueberschrift so allgemein ausgesprochene Behauptung wird jedem Leser, der die Litteratur unseres Gegenstandes etwas kennt, sehr auffallend erscheinen, und noch mehr allen denen, die einmal selbst eine Operation am Labyrinth zu beobachten Gelegenheit hatten. Ich selbst war früher der Ansicht, dass ein grosser Theil aller Erscheinungen, die sich häufig in so stürmischer Weise unmittelbar nach der Operation äussern, als Reizerscheinung aufzufassen sei. Aber ich bin durch meine Untersuchungen, besonders durch vergleichend-physiologische Studien zu anderer Ansicht gedrängt worden. Beschränkt man sich einseitig auf Untersuchungen an der Taube, so ist es ja nicht leicht, über diese Frage in allen Punkten Klarheit zu gewinnen, und so waren mir die Ergebnisse bei den Fröschen, den Hunden, den Hühnern und anderen Thieren von besonderer Wichtigkeit. Bei allen diesen Thieren sieht man immer dieselben Störungen, aber sie sind ihrer Lebensweise und ihrem Körperbau entsprechend, bei dem einen stark, bei dem andern wenig hervortretend. Ferner bildet sich auch für dasselbe Symptom ein sehr ungleicher Ersatz bei den verschiedenen Thieren aus. Man pflegt, wie bereits besprochen, diejenigen Störungen für Ausfallserscheinungen zu halten, welche nach Monaten und Jahren in stets constanter Weise an einem Thier zu beobachten sind, dagegen diejenigen für Reizerscheinungen, welche im Verlauf der Zeit wieder verschwinden. Diese letztere Annahme scheint um so mehr berechtigt zu sein, falls die vorübergehende Störung nicht gleich von Anfang an besteht, sondern sich erst einige

Zeit nach der Operation einstellt. Danach müsste die Kopfverdrehung der Tauben eine Reizerscheinung sein. Sie bildet sich erst nach etwa 10 Tagen aus und ist einige Wochen später wieder verschwunden. Und doch ist es ganz sicher eine Ausfallserscheinung. Es lehrt dies zunächst der folgende Versuch.

Versuch 83 —— Bei einer Taube, welche sich in dem Stadium der Kopfverdrehungen befindet, wird der Octavus-Stamm des entfernten Labyrinths wieder freigelegt und sowohl mechanisch mit einer Nadel wie auch chemisch durch Kochsalz gereizt. Danach zeigte das Thier in den nächsten beiden Tagen keine Kopfverdrehung mehr. Am 3. Tage bildete sie sich wieder aus. ——

Würde es sich bei den Kopfverdrehungen um eine Reizerscheinung handeln, so wäre dieser Versuch ganz unverständlich. Wichtiger aber noch für unsere Frage sind die folgenden Ueberlegungen.

Da die Störung in Bewegungen von ganz genau bestimmten Richtungen besteht, so müssen jedenfalls Reizerscheinung und Ausfallserscheinung der Qualität nach von einander abweichen und gewissermassen das umgekehrte Vorzeichen haben. Niemals hat aber der Kopf die Neigung, sich im entgegengesetzten Sinne der Kopfverdrehung zu neigen. Im Gegentheil, wir können vor und nach dem Stadium der Kopfverdrehungen immer ein geringes Bestreben, den Kopf in dieser Richtung zu bewegen, nachweisen. Andererseits wissen wir mit Sicherheit, dass die Kathode bei der galvanischen Durchströmung das Labyrinth reizt. Wir beobachten auch in Folge dieses Reizes die umgekehrte Kopfbewegung wie nach der Exstirpation, wenn auch nicht in derselben Stärke. Der mechanische Reiz wirkt wie der electrische, und die durch ihn erzeugte Kopfverdrehung ist sogar ebenso stark, wie die nach der Fortnahme des Labyrinths. Dann sehen wir ferner bei den Hunden, bei denen zwar

keine Kopfverdrehung, wohl aber eine Kopfneigung in demselben Sinne entsteht, diese Störung dauernd bestehen bleiben.

Wie mit der Kopfverdrehung ist es nun auch mit den übrigen Störungen. Wir sehen häufig ihre Symptome fast verschwinden, aber weder finden wir je eine Umkehr oder eine Qualitätsveränderung der Symptome, noch wird die eigentliche Störung wirklich ganz ausgeglichen. Der einseitig labyrinthlose Frosch hält schon unmittelbar nach der Operation die gekreuzten Extremitäten anormal. Später sieht man von der Erscheinung gewöhnlich nichts mehr, aber solange das Thier überhaupt lebt, kann man unter besonderen geeigneten Bedingungen dieselbe Erscheinung wieder hervorrufen. So wenn man den Frosch in eine unbequeme Stellung bringt, wenn man ihn ermüdet u. dgl.

Alle Bewegungsstörungen, die wir überhaupt nach der Fortnahme des Labyrinths oder nach irgend welchen Operationen an demselben beobachten, kann man auch in umgekehrter Richtung durch Reizung desselben erzeugen, woraus für alle die bekannten Störungen ihr Charakter als Ausfallserscheinungen hervorgeht.

Am lehrreichsten sind in dieser Beziehung die Augenbewegungen bei den Säugethieren, weil wir bei ihnen die Reizerscheinung der Ausfallserscheinung stets vorausgehen sehen. Ich führe hier einen der zahlreichen Versuche an, die Herr Dr. Tokarsky auf meine Veranlassung angestellt hat.

Versuch 84 — Bei einem Kaninchen ist der äussere Gehörgang so weit eröffnet worden, dass man mit einem kleinen gekrümmten Instrument in das Vestibulum eindringen kann. Es befinden sich hier 2 Oeffnungen nicht weit von einander, in denen sich die Ampullen der Bogengänge befinden. In der hinteren liegt allein die Ampulla posterior, und man kann diese daher besonders reizen. Beim Vordringen des Instruments in diese hintere Oeffnung tritt ein stürmischer Nystagmus auf, der auf

dem Auge der operirten Seite die Richtung nach hinten und unten hat. Durch wiederholtes Einführen des Instruments und durch Bewegungen desselben kann man nun zwar den Nystagmus etwas noch verstärken, aber, was man auch thun mag, es kehrt sich sehr bald die Richtung desselben um, und er bleibt dann längere Zeit, gewöhnlich einige Tage, in der Richtung nach vorn und oben bestehen. —

Man sieht also, auch dieser so oft nach den Operationen am Octavus beobachtete Nystagmus ist eine Ausfallserscheinung.

Bei Hühnern tritt zuweilen nach einseitiger auch nur unbedeutender Operation ein Kopfnystagmus auf, der nach Minuten oder höchstens Stunden wieder völlig verschwindet. Nun hat der Kopfnystagmus stets eine bestimmte Richtung (vergl. p. 137), und wir kennen diese Richtung in Folge von Versuchen, die mit mechanischer und electrischer Reizung angestellt wurden. Die Seite, nach der der Kopfnystagmus während der Reizung gerichtet ist, — wir bezeichnen ihn immer nach der schnelleren Bewegung — ist immer die Seite des gereizten Labyrinths. Der rechts operirte Hahn zeigt nun nach der Operation einen nach links gerichteten Kopfnystagmus, zeigt uns also eine Ausfallserscheinung.

Auch für das oben (p. 223) beschriebene Kopfpendeln, das man doch sicherlich geneigt ist für eine Reizerscheinung zu halten, kann man leicht den wahren Charakter nachweisen. Das Pendeln tritt, wie man sich erinnern wird, nur nach der doppelseitigen Operation ein. Plombirt man also nur auf einer Seite, so wird der Kopf ganz ruhig gehalten, aber wir können uns nun durch Reizung oder Ausschaltung des unversehrten Labyrinths Aufklärung über das Zustandekommen des Pendelns verschaffen.

Versuch 85 — Der rechte Externus einer Taube ist plombirt worden. Wir reizen das linke Labyrinth electrisch, in-

dem wir an dieses Ohr die Kathode und an die Crista sterni die Anode bringen. Es tritt darauf kein Kopfpendeln ein. Wir entfernen das ganze linke Labyrinth, und sofort beginnt der Kopf diese merkwürdigen Bewegungen auszuführen. Freilich sind sie nicht so stark wie nach doppelseitiger Plombirung, aber doch sehr deutlich und für unsere Frage durchaus entscheidend. ———

Merkwürdig! Dies bekannte Kopfpendeln in der Ebene der plombirten oder verletzten Kanäle ist keine Reizerscheinung. Die Störung beruht nicht darauf, dass die Taube durch die Labyrinthe zu den Bewegungen veranlasst wird! Dann bleibt nur übrig, dass sie nicht mehr im Stande ist, die einmal eingetretenen Bewegung zu hemmen. Und so ist es auch.

Es gibt überhaupt bisher gar keine Reizmethode, deren Wirkung den Reiz eine längere Zeit als einige Secunden überdauerte. In demselben Moment, in dem der mechanische Reiz aufhört, verschwindet auch seine Wirkung und die Nachwirkung der electrischen Ströme (Reiznystagmus der Augen) dehnt sich nur über Secunden aus.

So müssen wir denn auch die turbulenten Störungen, die die Thiere nach theilweisen doppelseitigen Zerstörungen der Labyrinthe zeigen, für Ausfallserscheinungen erklären. Hier vor allen Dingen hätte man „anormale Restfunctionen“ vermuthen sollen, und um so mehr, da ja die Thiere nach vollständiger Entfernung beider Labyrinthe diese stürmischen Störungen niemals zeigen. Und dennoch ist auch hier nicht die eigentliche Bewegung das Anormale, sondern die Unfähigkeit, beabsichtigte Bewegungen in der richtigen Weise auszuführen. Gegen die hierdurch entstehenden falschen Bewegungen und ungewohnten Körperstellungen kämpfen die Thiere mit aller Heftigkeit an. Sie kämpfen dagegen mit den noch normalen oder nur wenig geschädigten Muskeln, sind aber auch diese, wie bei den laby-

rinthlosen Thieren in gleicher Weise anormal geworden, so kommt es in Folge der symmetrischen Beeinträchtigung der Muskeln zu keinen falschen Stellungen und Bewegungen. Das Thier bewegt und hält sich wie ein normales, und wir beobachten zunächst nur die allgemeine, wenn auch nur geringe Schwäche und die Unlust sich zu bewegen.

Wenn eine Taube mit den bisher üblichen Methoden beiderseits operirt worden ist, so sind die Störungen so bunt über den Körper vertheilt und von so ungleicher Intensität, dass man in der That nicht gut ihren wahren Charakter nachweisen kann. Es handelt sich dann nicht nur um ein Gemisch von Störungen verschiedener Art, sondern auch gerade wegen der ungleichen Vertheilung über den Körper treten noch ganz besondere Schwierigkeiten für die Erhaltung des Gleichgewichts auf. Wir haben aber die einzelnen Störungen nach begrenzten und übersehbaren Operationen als Ausfallserscheinungen erkannt, und so muss auch dies bunte Gemisch nach den üblichen Zerstörungen denselben Charakter haben. Ueberdies lässt sich wenigstens zeigen, dass auch bei den turbulentesten Bewegungen kein Bewegungszwang und auch keine directe Wirkung der Kopfbewegungen vorliegt. Man braucht nämlich nur das Thier in einen kleinen Kasten zu stellen und rings mit Watte etwas zu stützen, so hören nicht nur die turbulenten Bewegungen sondern überhaupt alle anormalen Bewegungen auf und lassen sich auch nicht durch Schwenken oder Schütteln des ganzen Thieres wieder hervorrufen.

Wir kommen nun zu der wichtigen Frage, wodurch denn die Störungen, obgleich sie doch Ausfallserscheinungen sind, wieder fast zum Verschwinden gebracht werden können. Was in dieser Beziehung zunächst die einseitigen Operationen betrifft, so wird ohne Frage ein Labyrinth durch das andere ersetzt. Trotz der Asymmetrie der Schädigung lernt doch die

einseitig labyrinthlose Taube wieder fliegen, und überhaupt jedes Thier mit noch einem normalen Labyrinth kann mit der Zeit wieder ein annähernd normales Thier werden. Für diese Frage sind auch die oben (p. 183) erwähnten Dohlen wichtig, welche nach der Entfernung eines Labyrinths so gut wie keine Störungen zeigen.

Aber auch nach nur einseitiger Operation mögen neben der Vertretung durch das andere Labyrinth schon Ersatzerscheinungen eine Rolle spielen, welche bei dem doppelseitig labyrinthlosen Thier die einzige Ursache des stattfindenden Ausgleichs sein müssen. Diese Ersatzerscheinungen bilden sich ganz langsam meist erst in Monaten aus, sie erreichen eine grössere Vollkommenheit bei jüngeren Thieren als bei alten, und sind überhaupt nach der Thierart und individuell in verschiedenem Grade zu beobachten. Wir werden daher nicht fehl gehen, wenn wir sie als erworbene Ersatzerscheinungen ansprechen. Worauf sie beruhen, ist schwer zu sagen. Soll ich eine Vermuthung äussern, so möchte ich unter allem Vorbehalt eine organische Veränderung der Muskulatur für möglich halten.

Zu dieser Idee wird man durch die häufig unüberwindliche Neigung der Muskulatur zu atrophiren geleitet. Meist kann man ja durch reichliches Füttern die Atrophie verhindern. Aber merkwürdig und von aller Nahrungsaufnahme unabhängig ist dieser Einfluss des Labyrinths auch bei den Fröschen, wenn man sie gar nicht füttert. Falls man von einer grösseren Anzahl gleichzeitig eingefangener Frösche einigen auch nur ein Labyrinth entfernt hat, und nun allen Thieren nur immer frisches Wasser aber keine Nahrung giebt, so findet man nach längerer Zeit einige der operirten Thiere fast zum Skelett abgemagert, während alle unversehrten Thiere noch sehr gut ernährte Muskeln haben.

Man darf also in dieser Neigung zur Atrophie vielleicht eine Andeutung sehen, dass die Muskulatur selbst durch die

Fortnahme der Labyrinthe eine Veränderung erfährt. Und hierdurch würde dann auch für das Wesen der Ersatzerscheinung ein ungefährer Anhaltspunkt gegeben sein. Die Schlaffheit der Muskulatur, die wir thatsächlich nach den Operationen betrachten, könnte z. B. durch organische Veränderungen, die ein Kürzerwerden bedingen, theilweise ausgeglichen werden. Dies sind natürlich alles nur Vermuthungen, die nur den Zweck haben, die Möglichkeit irgend einer Erklärung für die thatsächlich eintretenden Ersatzerscheinungen zu zeigen.

Es bleibt zuletzt noch zu erörtern, weshalb bei den einseitig labyrinthlosen Tauben die Kopfverdrehungen erst allmählig, innerhalb von etwa 14 Tagen, eintreten und nicht sogleich nach der Operation. Hier liegt zunächst der Gedanke nahe, die Thiere möchten durch eine besondere Innervationsanstrengung die ungewohnte und unbequeme Kopfverdrehung compensiren, allmählig aber sich immer mehr an die neue Kopfstellung gewöhnen und so schliesslich den Widerstand gegen dieselbe aufgeben. Aber solche besondern Innervationsanstrengungen gesellen sich wohl nur zu den Ersatzerscheinungen, wenn das Stadium der Kopfverdrehung eingetreten ist, bewirken aber offenbar nicht die normale Kopfstellung in der ersten Zeit nach der Operation. Denn zu dieser Zeit kommt es nie zur Kopfverdrehung, auch wenn man das Thier unter besondere Bedingungen bringt, bei welchen eine Compensation durch willkürliche Anstrengungen aufhören würde. Auch tritt bei vielen Thieren die Kopfverdrehung schon unmittelbar nach der Operation ein, wie z. B. beim Frosch. Ja auch bei den Tauben kann sie unter besonderen Umständen sogleich nach der Fortnahme eines Labyrinths entstehen, wie die Versuche von B. Lange[1]) lehren.

---

[1]) Lange, B. In wieweit sind die Symptome, welche nach Zerstörung des Kleinhirns beobachtet werden, auf Verletzungen des Acusticus zurückzuführen? Pflüger, Arch. Bd. 50 p. 615.

Ich glaube daher, dass es sich in diesem Fall um eine Reizerscheinung handelt, und zwar um eine Pseudofunction, welche vom Stamm des Octavus ausgeht. Nach der Fortnahme des Labyrinths werden die Nervenstämme noch eine Zeit lang durch den Heilungsprocess gereizt und täuschen auf die Weise erst mehr, dann immer weniger die fehlende Function des Labyrinths vor. Gleichzeitig mit diesem Reiz wirken natürlich auch die angeborenen Ersatzerscheinungen, welche hauptsächlich durch die Augen und, wie B. Lange gezeigt hat, das Kleinhirn zu Stande kommen. Bei dieser Erklärung stütze ich mich besonders auf den Versuch 83, in dem gezeigt wurde, dass man die Kopfverdrehung durch Reizung des Octavusstammes zum Verschwinden bringen kann. Was wir bei der Kopfverdrehung der Tauben ausnahmslos und in so auffallender Weise beobachten, finden wir auch in geringem Grade bei andern Störungen und bei andern Thieren; besonders bei den Warmblütern nehmen die eigentlichen Störungen einige Tage nach der Operation noch etwas an Intensität zu, weil dann die Pseudo-Functionen aufhören. Wir haben also nach den Operationen am Labyrinth auch Reizerscheinungen auftreten sehen, die aber nur als Pseudofunction eine Abschwächung der eigentlichen Ausfalls-Erscheinungen bewirken, und es bleibt deshalb doch im Allgemeinen der Satz richtig, dass die bekannten Störungen nach den Labyrinthsverletzungen Ausfallserscheinungen sind.

C. Ueber den centralen Sitz der Labyrinthfunctionen.

Es soll auf dies wichtige Thema hier nicht näher eingegangen werden. Bisher lassen sich, wie ich glaube, keine positiven Angaben über die centrale Localisation der Octavusfunctionen und nur wenige negative machen. Was zunächst das Hören betrifft, so haben die sogenannten Localisatoren das

Centrum hierfür an verschiedene Stellen der Grosshirnfläche verlegt. Gewiss mit Unrecht. Ich will gar nicht leugnen, dass die graue Rinde des Grosshirns, und besonders die mehr nach hinten gelegenen Partieen derselben, enge Beziehungen zu dem Höract besitzen, aber darnach fragen wir zunächst gar nicht. Es handelt sich vorerst darum, ob das Grosshirn zum Hören nöthig ist, und dass dies nicht der Fall ist, kann man jetzt als endgiltig bewiesen ansehen. Noch neuerdings ist es Goltz geglückt, einen vollständig entgrosshirnten Hund am Leben zu erhalten. Das Thier lebt bereits über ein Jahr nach der letzten Operation und ist auch im Augenblick, wo ich diese Zeilen schreibe, noch nicht gestorben. Dieser Hund nun reagirt noch sehr lebhaft auf Schall und äussert auch noch seine Stimme in der verschiedensten Weise. Auch die Schrader'schen Tauben ohne Grosshirn, konnten noch leidlich gut hören.

Ich selbst habe durch viele Jahre hindurch meine Aufmerksamkeit der Hörsphäre zugewandt und eine Reihe von Versuchen ad hoc ausgeführt. Von meinen Resultaten sei hier nur die Ausdehnung der Hörsphäre auch über die Rinde des Kleinhirns angeführt. Eine genaue Schilderung dieser Beobachtungen entspricht nicht dem Plan dieser Mittheilungen, um so weniger, als ich mich nicht würde kurz fassen können. Die grosse Schwierigkeit bei diesen Untersuchungen liegt in den Gehörprüfungen, die man in exakter Weise nur an Hunden vornehmen kann, die in ganz bestimmter Weise allein auf Schallerregungen, und nicht wie sonst immer auf Schall und Bewegung zugleich, dressirt sind. Der Hund muss z. B. auf Commando die Pfote heben, ohne dass er seinen Herrn dabei sieht u. s. w.

Von den nicht akustischen Functionen des Labyrinths kann man nun sogar sagen, dass sie gar nichts mit dem Grosshirn direct zu thun haben. Die entgrosshirnten Thiere reagiren im allgemeinen auf die passiven Rotationen fast ebenso gut, wie

die normalen, unter besonderen Umständen sogar noch besser, weil sie diese Reflexe in keiner Weise durch willkürliche Bewegungen stören oder hemmen. Plombirt man bei einer Taube ohne Grosshirn die beiden in einer Ebene gelegenen Kanäle, so tritt das charakteristische Pendeln ein, nimmt man ein ganzes Labyrinth fort, so kommt es zu den Kopfverdrehungen u. s. w. Allerdings ein gewisser Unterschied ist doch zwischen den Thieren mit Grosshirn und denen ohne Grosshirn zu bemerken. Bei den letzteren sind alle Ersatzerscheinungen, die angeborenen sowohl wie die erworbenen, in geringerem Grade ausgebildet. Daher treten z. B. bei den einseitig labyrinthlosen Tauben die Kopfverdrehungen einerseits früher ein und bleiben andererseits häufig dauernd bestehen. Es ist das dieselbe Erscheinung, die wir in ähnlicher Weise auch bei den blinden Thieren und bei den Tauben mit Kleinhirnverlusten beobachten.

Von jeher ist die Aehnlichkeit der Störungen nach Kleinhirnverletzungen mit den turbulenten Bewegungen nach doppelseitigen Labyrinthoperationen aufgefallen. Bei aufmerksamer Beobachtung ist freilich diese Aehnlichkeit nicht allzugross, aber die Möglichkeit lag ja immerhin vor, anzunehmen, dass wenigstens ein grosser Theil der Kleinhirnstörungen auf einen Functionsausfall von Seiten des Labyrinths zu beziehen sei. Das Kleinhirn würde man dann als Centrum oder als Leitungsbahn für die Octavusfunctionen anzusehen haben. Es hat sich aber dieser Gedanke auch nicht für einen Theil der Labyrinthstörungen nachweisen lassen.

Die Untersuchung dieser wichtigen Frage hat B. Lange[1]) auf meinen Vorschlag unternommen und mit grösstem Geschick und Fleiss ausgeführt. Von seinen schönen und durch ihre Eindeutigkeit überraschenden Resultaten möchte ich hier die wichtigsten anführen.

---

[1]) l. c.

Wenn man bei einer Taube $^2/_3$ des ganzen Kleinhirns entfernt, so stellen sich jene stürmischen Kleinhirnstörungen ein, welche so oft beobachtet worden sind. Nach Verlauf einiger Wochen haben diese Störungen immer sehr an Intensität abgenommen, und Lange benutzte dieses Stadium, um an den Thieren Labyrinthoperationen auszuführen. Plombirte er zwei in einer Ebene gelegene Kanäle, so sah er die Pendelbewegungen des Kopfes eintreten, nahm er ein Labyrinth ganz heraus, so stellten sich die Kopfverdrehungen ein, und zwar bemerkenswerther Weise schon unmittelbar nach der Operation. Am meisten entscheidend für die Frage war ein Versuch, bei dem es sich um eine Taube handelte, der ich vor längerer Zeit beide Labyrinthe herausgenommen hatte. Das Thier stand und bewegte sich wieder annähernd wie ein normales und zeigte nur jene wenig auffallenden Störungen, wie sie eben alle labyrinthlosen Tauben haben. Dieser Taube entfernte nun Lange einen grossen Theil des Kleinhirns und beobachtete darnach die heftigsten Kleinhirnstörungen.

Weshalb bei diesen Versuchen von Lange nach der Fortnahme nur eines Labyrinths die Kopfverdrehung sofort nach der Operation eintrat, ist leicht verständlich. Zu den angeborenen Ersatzmitteln für das Labyrinth gehören eben auch die Functionen des Kleinhirns in ähnlicher Weise wie die Augen und auch das Grosshirn.

Die Centraltheile für die nicht akustischen Octavusfunctionen werden daher wohl in dem Kopfmark zu suchen sein. Jedenfalls müssen von ihnen aus, wie meine Versuche über die Beziehungen zwischen Labyrinth und Muskulatur lehren, zahlreiche Verbindungen zu allen Muskeln vorhanden sein. In Rücksicht hierauf möchte ich auf die Untersuchungen von Köppen [1]) aufmerksam machen,

[1]) Köppen, Max. Zur Anatomie des Froschgehirns. Arch. f. Anat. und Physiol. (Anatom. Abth.) 1888.

merksam machen, welcher interessante Beziehungen zwischen Octavusfasern und gewissen Rückenmarkfasern aufgefunden hat. Solche oder ähnliche Verbindungen müssen in der That nach meinen Ergebnissen auch bei den höchsten Wirbelthieren in zahlloser Menge die Verbindung des Labyrinths mit den Muskeln herstellen.

Kapitel XIV.

Schlussbemerkungen.

1. Der Octavus hat so viele und so wichtige nicht mit dem Hören zusammenhängende Functionen, dass es nicht mehr gerechtfertigt erscheint, und auch für die Beschreibung unbequem ist, ihn Acusticus zu nennen. Eine genaue Trennung seiner Fasern in einen Nervus acusticus und in einen anderen Nerven ist bisher noch nicht durchführbar, und so war der alte Name Nervus octavus willkommen.

2. Wie schon in der Vorrede besprochen, sind viele Versuche fortgelassen und die Schilderungen möglichst gekürzt worden. Wenn trotzdem die Technik der Versuche zuweilen sehr ausführlich beschrieben wurde, so geschah es, weil bei neuen und merkwürdigen Resultaten der Autor meiner Meinung nach die Verpflichtung hat, auch im Einzelnen zu zeigen, wie er zu ihnen gelangt ist. Ausserdem lag der Wunsch vor, allen denen, die an der Bearbeitung dieses noch so fruchtbar erscheinenden Feldes theilnehmen wollen, möglichst hilfreich entgegenzukommen. Die Versuche sind daher in erster Linie nicht für den Leser sondern für den Nacharbeiter geschrieben, der auch allein über die Frage der Ausführlichkeit urtheilen kann. Es liest sich leichter „man setzt eine Plombe in den Kanal ein“, als wenn man einer viele Seiten langen Beschreibung von jedem einzelnen Handgriff dieser Operation folgen soll, wer aber

die Plombe selbst einsetzen will, wird sicherlich für eine ausführliche Darstellung dankbar sein. Ich habe mich immer auf den Standpunkt gestellt, als wollte ich die Operationen und die Ausführung der Versuche einem Schüler zeigen, und glaube, dass es in Folge hiervon keinem Physiologen schwer fallen kann, diese Versuche zu wiederholen. Wer etwas Geschick hat, muss es können, wenn er sich nur immer ganz genau an die gegebenen Vorschriften hält.

3. Aus dem Wunsch, möglichst meinen Nachfolgern die Schwierigkeiten zu erleichtern, sind auch die vielen Abbildungen entstanden. Einen Theil derselben habe ich selbst gezeichnet, die Mehrzahl wurde von mir entworfen und dann von Herrn Zeichner Kretz ausgeführt. Um möglichste Genauigkeit zu erzielen, sind die meisten mit der Camera lucida aufgezeichnet worden, für einige habe ich erst Photographien gemacht und für die Stellungen der Tauben sogar ganze Reihen von Momentbildern aufgenommen.

4. Einen Theil meiner Erfahrungen habe ich in der Form von Versuchen mitgetheilt. Selbstverständlich sind darunter nicht einzelne Versuche, sondern Versuchstypen zu verstehen. Wenn ich sage „an einer Taube wurde diese oder jene Operation ausgeführt", so war es in Wirklichkeit nicht *eine* Taube, sondern es handelte sich um viele, häufig um viele Decaden. Ich wählte diese Form der Beschreibung, weil man in ihr stilistisch kürzer sein kann, und weil sie für späteres Citiren bequem ist.

5. Bei der Mannigfaltigkeit der mitgetheilten Erfahrungen hat der Leser ein gewisses Recht eine theoretisch-zusammenfassende Darstellung, ja noch mehr, ein Bekenntniss meiner eigenen Anschauungen zu verlangen. Ich will auch seine Erwartungen nicht täuschen, wenngleich ich nur ungern damit hervortrete. Bisher habe ich nur Thatsachen berichtet und des Theoretischen gibt es schon so viel! Aber andererseits bekommen allerdings die mitgetheilten Thatsachen erst ihren vollen Werth,

wenn man sie von einem gemeinsamen Gesichtspunkte aus betrachtet, und ein solcher kann immer nur ein mehr weniger theoretischer sein.

Das Labyrinth besteht meiner Meinung nach aus zwei functionell verschiedenen Apparaten:

Erstens, dem Organ, welches durch Schallwellen gereizt wird und dessen Erregungen durch den Stamm des Octavus den schallwahrnehmenden Theilen zufliessen, also dem eigentlichen Gehörorgan, das ich das **Hörlabyrinth** nenne.

Zweitens, aus dem Organ, welches einen Einfluss auf die Muskelbewegungen ausübt und aus später zu erläuternden Gründen das **Tonuslabyrinth** heissen mag. Seine Function ist der Labyrinthtonus oder Ohrtonus, und die Störungen, welche von ihm ausgehen, will ich als Tonusstörungen bezeichnen. Dieselben offenbaren sich als Störungen im Gebrauch der Muskulatur von eigenthümlicher, bisher noch nicht genau definirbarer Art und es könnte zu Missverständnissen führen, wenn man dieselben einfach Muskelstörungen nennen wollte, wie es bisher in diesem Buch vor der Hand, um Weitläufigkeiten zu vermeiden, geschehen ist. Denn wenn auch das sichtbare Resultat dieser Störungen eine Schädigung im Gebrauch der Muskulatur ist, so braucht doch der eigentliche Sitz der Abnormität nicht der Muskel selbst zu sein. Dagegen scheint der Ausdruck Tonusstörungen nichts zu präjudiciren. Man gebraucht das Wort „Tonus“ in so verschiedenem Sinne, dass man ihm ohne Zwang als Labyrinthtonus eine ganz besondere Bedeutung vindiciren kann.

I. Das Hörlabyrinth.

Seine Function ist bekannt. Während man aber bisher annahm, dass dieses Sinnesorgan nothwendig sei, um den Schall in einen Nervenreiz zu verwandeln und dies in einer ganz besondern uns nicht näher bekannten Weise vollführe, haben

meine Erfahrungen über die Reizbarkeit des Octavusstammes durch Schall die Vermuthung nahe gelegt, dass das Hörlabyrinth nur die Aufgabe habe, den Schall je nach seiner Qualität auf verschiedene Fasern des Octavus — nicht nothwendigerweise auf einzelne — zu vertheilen. Es würde darnach das Hörlabyrinth ein Apparat sein, welcher nur dem dioptrischen Theile des Auges entspricht. Wie durch das Netzhautbild immer nur ein bestimmter Complex der Netzhaut erregt wird, so muss, wahrscheinlich durch Mitschwingungen, wie Helmholtz angenommen hat, ein in irgendwelcher Weise räumlich abgegrenzter Abschnitt des Labyrinths durch den Schall erregt werden, und könnte man diese Reize objectiv sehen, so würden wir im hörenden Labyrinth ein Schallbild ähnlich dem Netzhautbilde finden. Aber weiter geht die Aehnlichkeit zwischen Auge und Ohr auch nicht. Das Licht erregt nicht direct die Opticusfasern. Man kann den Opticusstamm, auch nach meinen Erfahrungen, beliebig grell beleuchten, ohne jemals dadurch irgend eine Reaction auszulösen. Das „Schallbild“ kann aber direct auf die Octavusfasern einwirken.

Das Hörlabyrinth ist bei den höheren Wirbelthieren hauptsächlich in demjenigen Theile des Labyrinths gelegen, den man die Schnecke nennt. Nach ausgedehnter Zerstörung des übrigen Labyrinths kann das Thier noch recht gut wieder hören lernen, wenn auch die Symptome der Tonusstörungen dabei sehr deutlich sind. Und umgekehrt kommt es zuweilen, falls die Schnecke allein fortgenommen ist, zu einem fast vollkommenen Ausgleich der Tonusstörungen, während dann das Gehörvermögen stets ein minimales bleibt. Doch ist es keineswegs nöthig, anzunehmen, dass eine scharfe Grenze zwischen den beiden Organen besteht, und namentlich werden wohl auch im Tonuslabyrinth befindliche Octavusfasern durch starken Schall etwas gereizt werden, aber freilich keine Schallwahrnehmung vermitteln.

Es lassen sich hierfür mancherlei Erfahrungen anführen. Ich erinnere mich z. B. an eine Taube, der ich links das ganze

Labyrinth, rechts nur die Schnecke herausgenommen hatte. Bei beiden Operationen war von mir der nackte Stumpf des Ramulus cochlearis in der leeren Schneckenhöhle gesehen worden. An den Füssen aufgehängt, liess die Taube den rechten Flügel hängen, während der linke angezogen wurde. Sie verhielt sich also in dieser Beziehung wie ein nur links labyrinthloses Thier. Jedesmal, wenn ich nun in die Hände klatschte oder mit einem Holzhammer auf einen nahen Tisch schlug, wurde der rechte Flügel etwas mehr angezogen, bis er sich wie der linke an den Körper gelegt hatte. Da dies Thier beiderseits keine Schnecke mehr besass, und wenn es ruhig dastand, auf die erwähnten Geräusche ebensowenig wie die ganz labyrinthlosen Thiere reagirte, so vermuthe ich, dass in diesem Falle es sich nicht um eine Schallempfindung, sondern um einen durch den Schall entstandenen Reiz des Tonuslabyrinths gehandelt hat [1]).

---

1) Auf diese Weise würde sich auch vielleicht eine ganz allgemein bekannte, von Carus, Cyon und anderen bereits besprochene Erfahrung erklären lassen. Jeder weiss, dass uns rhythmische Gehörsempfindungen zu rhythmischen Muskelbewegungen anregen. Nehmen wir an, dass der Schall gleichzeitig mit seinen Erregungen des Hörlabyrinths in geringem Grade auch auf das Tonuslabyrinth einwirkt, wie dies aus dem eben angeführten Versuche hervorzugehen scheint, so wäre damit der merkwürdige Zusammenhang zwischen den Gehörsempfindungen und den Muskelbewegungen erklärt. Dieser Zusammenhang kann sich in sehr verschiedener Weise offenbaren. Wenn z. B. Tanzmusik ertönt, haben wir ein gewisses Bedürfniss unseren Körper im Takt zu bewegen.

„Es tönt in lieblichem Ton das elfenbeinerne Horn,
Und, wie ein Wirbel, ergreift sie alle die Wuth zu tanzen".

Auf diesem Bedürfniss sich zu bewegen scheint das Vergnügen des Tanzens zu beruhen. Dass es nicht die Beinmuskulatur allein ist, die in diesem Zusammenhang mit der Musik steht sondern eigentlich alle willkürlich bewegbaren Muskeln, wird bemerkbar, wenn man das Publikum in einem Concert, während Tanz- oder Marschmusik gespielt wird, aufmerksam beobachtet. Der eine nickt rhythmisch mit dem Kopf, der andere schlägt den Takt mit einem Finger auf den Tisch u. s. w.

Und nicht nur, dass die Muskelbewegungen durch die Gehörsempfindungen veranlasst werden, es wird auch die Muskelarbeit durch sie erleichtert. Zum Umsinken ermüdete Truppen werden bekanntlich durch das Ertönen der Marschmusik wieder fähig noch lange Zeit weiterzugehen. Mag auch hierbei

II. Das Tonuslabyrinth.

Wenn man einem Thiere beide Labyrinthe fortnimmt, so treten eigenthümliche Störungen im Gebrauch der quergestreiften Muskeln ein. Sie lassen sich in Bezug auf die sichtbaren Folgen als einen Mangel an Präcision bezeichnen. Ein solcher kann vielerlei Ursachen haben. Es kann die Verkürzung des Muskels

---

die Melodie, indem sie auf das Gemüth wirkt, eine gewisse Rolle spielen, so ist sie doch nicht die eigentliche Ursache der eintretenden Erleichterung, wie die ähnliche Wirkung, die z. B. das Trommeln auch ohne Melodie hervorbringt, und viele andere Erfahrungen beweisen.

Es ist auch nicht der Rhythmus an und für sich, der die Muskelbewegungen veranlasst. Ein rhythmisch aufblitzendes Licht hat nicht diese merkwürdige Wirkung, während andererseits auch der allereinfachste rhythmisch eintretende Schall unsere Muskeln beeinflusst. Hiervon hatte ich Gelegenheit mich vielfach zu überzeugen, als ich mich im Jahre 1879 damit beschäftigte die normale Athemcurve zu registriren. (Vergl. Pflügers Arch. Bd. 19 p. 461). In dem Zimmer, in dem die Versuchsperson möglichst ruhig athmen sollte, hing zufällig ein Pendel, das jede Secunde durch einen kurzen, einfachen Schlag bezeichnete. Ganz unbewusst athmeten die meisten Personen nach kurzer Zeit genau nach dem Rhythmus des Pendels 20 Mal in jeder Minute.

Man kann gegen diese Theorie nicht den Einwand machen, dass die Muskelbewegungen nicht nur isochron, sondern beinahe genau synchron mit dem Schall erfolgen, und dass daher nicht die genügende Zeit vorhanden wäre, damit der Schall auf den Muskel wirken könne. Wir sehen doch auch die Muskelbewegungen, die ein Reiter auf trabendem Pferde ausführt mit den Bewegungen des Pferdes synchron verlaufen, wo doch sicher die einen Bewegungen die andern veranlassen. Der Reiter bewegt sich derart, dass seine activen Bewegungen mit den passiven, die ihm durch den Gang des Pferdes mitgetheilt werden, zusammenfallen. Würde er sich nicht activ bewegen oder in einem andern Rhythmus als es dem Gange des Pferdes entspricht, so würden die Bewegungen des letzteren sehr unangenehm stossend wirken. Aehnlich könnten nun die Verhältnisse liegen, wenn wir rhythmischen Schall hören. Wir würden durch unsere rhythmischen Bewegungen erreichen, dass sich die von dem Tonuslabyrinth rhythmisch ausgehenden „unterminimalen“ Reize immer in bestimmter Weise mit willkürlichen Impulsen combiniren, und beide können dann sehr wohl vollständig synchron erfolgen.

Und schliesslich, warum bewegen sich nicht alle Muskeln im Takt, da sie doch alle mit dem Tonuslabyrinth zusammenhängen? Weil wir überhaupt nicht alle Muskeln gleichzeitig bewegen können, indem die willkürlichen Bewegungen eines Muskels oder einer Muskelgruppe immer einen gewissen hemmenden Einfluss auf die andern Muskeln ausüben.

zu spät beginnen, sie kann zu langsam ablaufen, es kann an Kraft dabei fehlen u. s. w. Welche von diesen Störungen speciell in unserm Falle vorliegt, kann ich noch nicht mit Sicherheit sagen. Häufig habe ich nachweisen können, dass die Kraft herabgesetzt war. Ebenfalls muss es dahingestellt bleiben, ob die eigentliche Störung im Muskel oder in Centraltheilen ihren Sitz hat, denn auch der Mangel an Kraft könnte ja auf einem zu schwachen Innervationsreiz beruhen.

Je nach ihrer Aufgabe ziehen sich die verschiedenen Muskeln im Körper mit mehr oder weniger Präcision zusammen. Diejenigen, welche am meisten Präcision zu der Erfüllung ihrer Aufgabe brauchen, leiden durch die Entfernung der Labyrinthe am meisten. Keine Muskulatur arbeitet mit solcher Präcision wie die Augenmuskeln, die im Stande sind, das Netzhautbildchen eines sich bewegenden Gegenstandes immer auf der Fovea centralis zu halten. Daher leiden auch die Augenmuskeln durch die Operationen am meisten von allen Muskeln, wie sie auch andererseits ungemein stark bei der Reizung der Labyrinthe bewegt werden. Eine ähnliche Präcision zeigt die Halsmuskulatur, die den Kopf, analog wie die Augenmuskeln den Bulbus, in die Richtung nach dem zu sehenden Gegenstande hin einstellt, die ferner bei vielen Vögeln den spitzen Schnabel befähigt, ein winziges Körnchen aufzupicken u. s. w. Schon geringere Präcision, aber auch noch eine sehr grosse, muss die Flügelmuskulatur haben, und wieder eine geringere verlangen die Bewegungen der Beine. Es ist nun gewiss beachtenswerth, dass auch dieselbe Reihenfolge in Bezug auf die Stärke der Störungen nach der Fortnahme der Labyrinthe festzustellen ist.

Mit diesen Beobachtungen stimmen frühere Versuche [1]) von mir überein. Ich machte damals bei den verschiedensten Vögeln immer mit möglichster Genauigkeit die gleiche Operation, indem

1) Pflüger Arch. Bd. 41. p. 463.

ich doppelseitig die beiden Canales externi durchschnitt. Die Störungen, die danach auftraten, waren von der Vogelart abhängig und desto stärker, je mehr Präcision das Thier zu seinen Bewegungen braucht. Bei der Schwalbe waren sie am stärksten und bei der Gans kaum wahrzunehmen.

Man könnte meinen, dass die Störung derjenigen Muskeln, die sich normalerweise mit so grosser Präcision bewegen, nur äusserlich grösser erscheint, uns gewissermassen mehr imponirt, wegen der hohen Anforderung, die an sie gestellt wird, und dass die eigentliche Schädigung bei allen Muskeln die gleiche sei. Dem ist aber nicht so. Die Störungen sind nicht nur relativ, sondern auch absolut desto grösser, je mehr Präcision bei den normalen Bewegungen angetroffen wird. So zeigen z. B. die labyrinthlosen Tauben im Gebrauch der Beine beim gewöhnlichen Gehen keine Störung, dagegen sehen wir beim Kakadu, der seine Bein- und Fussmuskeln auch zum Ergreifen der Nahrung und zum Festhalten des Körpers beim Klettern gebraucht, nach derselben Operation und unter gleichen Umständen sehr deutliche Störungen auftreten.

Mit welchen Muskeln hängt nun das einzelne Labyrinth zusammen? Nicht ausschliesslich mit einzelnen Muskeln oder mit denen der einen oder der andern Körperseite, sondern jedes Labyrinth steht mit jedem Muskel in Verbindung. Aber die Wirkung auf die einzelnen Muskelgruppen ist sehr vsrschieden stark. Wenigstens bei den Tauben. Was sich bis jetzt in dieser Beziehung hat feststellen lassen, ist etwa Folgendes. Jedes Labyrinth hängt vorzugsweise mit den Muskeln der gekreuzten Körperseite zusammen, welche die Wirbelsäule und den Kopf bewegen (Nackenmuskulatur, Halsmuskulatur und namentlich die Wirbelmuskeln, welche vom Körper des unteren Wirbels zu den Querfortsätzen der oberen gehen). Bei den Muskeln der Extremitäten ist eine Theilung zwischen den Streckern und Abductoren einerseits und den Beugern und Adductoren anderer-

seits vorhanden. Jedes Labyrinth ist mit den ersteren der gleichen Körperseite und mit den letzteren auf der gekreuzten Seite enger verbunden. Alle Augenmuskeln mit Ausnahme des M. rectus externus scheinen hauptsächlich von dem benachbarten Labyrinthe abzuhängen.

In Folge dieser Vertheilung der zu jedem Labyrinth gehörenden Muskeln finden wir nach Fortnahme eines Labyrinths die ganze Wirbelsäule spiralig nach der operirten Seite hin gedreht, den Kopf und den Hals nach dieser Seite hin geneigt, die Extremitäten derselben Seite flectirt und adducirt, die der gekreuzten Seite gestreckt und abducirt, die Augen und zwar besonders das benachbarte, nach der operirten Seite hin abgelenkt.

Wenn wir auch noch nicht die Störungen nach Fortnahme der Labyrinthe genau definiren können, so sind wir doch im Stande, eine ausserordentlich wichtige Angabe über dieselben zu machen, nämlich die, dass sie Ausfallserscheinungen sind. Man muss dies hauptsächlich aus folgenden zwei Erfahrungen schliessen. Erstens ändern sich die Störungen vom Moment der Herausnahme der Labyrinthe an bis zum Tode der Thiere immer nur quantitativ, niemals qualitativ. Zweitens können wir die Störungen durch Reizung des Octavusstammes zum Verschwinden bringen.

Sind es also Ausfallserscheinungen, welche nach Fortfall der Labyrinthe als Störungen im Gebrauch der Muskeln auftreten, so ist der Schluss zwingend, dass das Labyrinth eine beständige Thätigkeit ausüben muss, welche den normalen Gebrauch der Muskulatur mit ihrer grossen Präcision ermöglicht. Eine weitere Folge dieser Einsicht ist dann das Verständniss der thatsächlich beobachteten doppelten Wirkung der Reize. Die Beeinflussung des Labyrinths wirkt entweder die Thätigkeit erhöhend (reizend) oder dieselbe herabsetzend (hemmend). Wir bezeichnen die Störung im Gebrauch der Muskulatur als einen Mangel des Ohrtonus, ein Ausdruck der, wie schon oben er-

wähnt, aus dem Grunde gewählt wurde, weil er möglichst wenig präjudicirt. Das Labyrinth hat also die Function, beständig diesen Ohrtonus zu erzeugen. Der Theil des Labyrinths, welcher diese Function ausführt, ist das Tonuslabyrinth, und wenn wir auch dasselbe nicht ganz genau von dem Hörlabyrinth abgrenzen können, so wissen wir doch, dass im Grossen und Ganzen die Cristae ampullarum und die Maculae acusticae zu ersterem, die Octavusendigungen in der Schnecke dagegen zu letzterem gehören.

Zu der Annahme, dass das Labyrinth eine beständige Thätigkeit entfaltet, die dann natürlich durch gewisse Einwirkungen gesteigert oder gehemmt werden kann, werden wir durch die Störungen nach Fortnahme der Labyrinthe gedrängt, eigentlich wird dieselbe aber schon durch die Erfahrung der doppelten Wirkung der Reize nothwendig. Man beobachtet stets zwei verschiedene und zwar entgegengesetzte Bewegungen des Thieres, je nachdem der electrische Strom, die passive Rotation oder der künstlich erzeugte Endolymphstrom die eine oder die umgekehrte Richtung haben. Ohne die obige Annahme würde man gar nicht begreifen, weshalb die Reize je nach der Richtung bald diese, bald jene Elemente erregen sollten, oder wie eine entgegengesetzte Wirkung entstehen könne, wenn bei beiden Richtungen die gleichen Elemente gereizt würden.

So wird die beständige Thätigkeit des Tonuslabyrinths von zwei ganz verschiedenen Gruppen unserer Erfahrungen als Erklärung gefordert, und wir fühlen uns daher doppelt berechtigt, dieselbe anzunehmen. Sie kann nur auf einer beständigen Erregung der Octavusfasern beruhen, wie aber diese auf die Muskeln wirkt, muss vorläufig ganz dahingestellt bleiben. Man kann sich vorstellen, dass diese Labyrinth-Reize nur auf die auch sonst bei den Muskelbewegungen functionirenden Centraltheile wirken und diese in einem besonderen Zustand erhalten. Man kann aber auch annehmen, dass sie zu anderen nur

diesem Zwecke dienenden Centren geleitet werden, welche ihre eigenen Nervenfasern zu den Muskeln senden. Nach den Köppen'schen [1]) Angaben scheint mir die letztere Annahme die wahrscheinlichere zu sein.

Eine besondere Steigerung des Ohrtonus führt zur Muskelzusammenziehung, sein Fehlen bewirkt zwar keine Lähmung, erschwert aber das Zustandekommen der Contraction und schädigt ihre Präcision.

Ueber die Lage der Centraltheile, zu welchen die Erregungen des Tonuslabyrinths gehen, lässt sich wenigstens eine negative Angabe machen. Sie liegen nach den Untersuchungen von Bogumil Lange [2]) nicht, oder doch nur zu einem verschwindend kleinen Theil im Kleinhirn. Lange hat zwar nur die oberen zwei Drittheile des Kleinhirns entfernt, da er aber nach diesen Verletzungen die typischen Kleinhirnsymptome erhielt und zeigen konnte, dass sich diese nicht mit den Labyrinthstörungen decken, und da andererseits die Kleinhirnsymptome nicht wesentlich andere sind, wenn man auch das letzte Drittheil des Kleinhirns mit den übrigen entfernt, so erscheint es in der That berechtigt, die Lange'schen Erfahrungen auch auf das ganze Kleinhirn auszudehnen.

Wir gehen nun noch einen Schritt vorwärts, sind uns aber bewusst, dass wir nun allmälig immer mehr in das Gebiet der Hypothese gelangen. Wir fragen, welcher Art sind die beständigen Erregungen des Octavus? Da die Endigungen des Octavus mit Zellen in Verbindung stehen, welche Haare in die Endolymphe ragen lassen, so brauchen wir nur zu zeigen, wodurch diese Haare, die ich im Gegensatz zu den Hörhaaren die „Tonushaare" nennen will, in Bewegung erhalten werden. Ich habe lange Zeit dafür einen beständigen Strom der Endolymphe verantwortlich machen wollen. Der Lymphstrom würde die

[1]) l. c.
[2]) l. c.

Tonushaare bewegen, wie wir zahlreiche Wasserpflanzen in unsern Flüssen in beständiger Bewegung sehen. Es ist ersichtlich, dass ein Verstärken dieses Stroms die Bewegung der Haare vermehren, und dass umgekehrt eine Wirkung auf den Strom in entgegengesetzter Richtung, die Haare hemmen müsste. Von dieser Idee bin ich aber zurückgekommen. Denn erstens müsste der Endolymphstrom, um den Thatsachen zu entsprechen, einen ganz bestimmten Weg durch die drei Bogengänge machen, und es ist kein Grund einzusehen, weshalb er gerade diesen Weg wählen sollte; dann müsste ferner die Einsetzung einer Plombe die betreffende Ampulle für immer ganz ausser Function setzen, was nicht der Fall ist, und schliesslich begreift man nicht, wie die grossen Schwankungen, die wir sonst bei den Lymphströmen beobachten, hier entweder vermieden oder für unser Organ unschädlich gemacht sein sollten.

Die Aehnlichkeit der die Tonushaare tragenden Zellen mit dem Flimmerepithel macht hingegen eine andere Annahme sehr wahrscheinlich, nämlich die, dass sich die Tonushaare activ bewegen. In der That hat man bei vielen Thieren und sogar bei einem Wirbelthier flimmernde Haare im Gehörorgan gefunden (vgl. Hasse, Die vergleich. Morphol. u. Histol. des häutigen Gehörorganes der Wirbelthiere).

Wenn aber für die höheren Thiere in dieser Beziehung keine positiven Befunde vorliegen, so spricht das eigentlich noch nicht gegen unsere Annahme. Die Bewegungen der Tonushaare können sehr wohl so klein sein, dass sie sich auch mit dem Mikroskop nicht wahrnehmen lassen. Das ist ja häufig der Fall. Der tetanisch contrahirte Muskel bewegt sich jedenfalls, da er ein Geräusch erzeugt, und doch können wir seine Bewegungen nicht sichtbar machen. Die kleinsten Bewegungen der Telephonplatte, die wir noch als Ton hören, sind verschwindend klein im Vergleich zu den kleinsten Bewegungen, die uns unsere besten Mikroskope zeigen. Wir brauchen übrigens

hier gar nicht so weit abzuschweifen. Mit Helmholtz nimmt man allgemein an, dass im Hörlabyrinthe Mitschwingungen stattfinden, aber es verlangt doch keiner für diese Theorie, dass wir diese Bewegungen unter dem Mikroskop sehen können.

Gleich den Flimmerepithelien würden auch die Tonushaare die sie umgebende Flüssigkeit, also die Endolymphe in einer bestimmten Richtung fortbewegen, und es ist dann klar, dass eine durch andere Kräfte stattfindende Bewegung der Endolymphe in derselben Richtung die Thätigkeit der Tonushaare erleichtern und verstärken muss. Es werden nämlich dann die Widerstände, die die Tonushaare beim Fortschieben der Endolymphe zu überwinden haben, mehr weniger aufgehoben. Bei stärkerer Einwirkung kommt es sogar zur Umkehr des Princips, und die bisher getriebene Endolymphe wirkt dann selbst treibend auf die Tonushaare. Andererseits muss die Thätigkeit der Tonushaare durch eine Bewegung der Endolymphe in entgegengesetztem Sinne gehemmt werden.

Ich habe versucht diese Theorie durch direkte Beobachtungen zur Thatsache zu erheben. Oben (p. 212) wurde gezeigt, wie sich Endolymphströme am Präparat der Brücke und mit Hilfe des durch die geschlossenen häutigen Kanäle diffundirenden Methylvioletts unter dem Mikroskop beobachten lassen. In einem dieser Versuche fand ich, dass die Endolymphe im Canalis externus in 20 Minuten um fast einen Millimeter zur Ampulle hin vorrückte, habe dann aber diese Untersuchungen liegen lassen und darf noch kein grosses Gewicht auf dieselben legen.

Es bleibt also das Flimmern der Tonushaare und die dadurch möglicherweise bewirkte Endolymphströmung vorläufig noch eine Theorie, aber diese erleichtert uns die Übersicht über die gefundenen Thatsachen und wird auf diese Weise nützlich und berechtigt. Man versteht, weshalb wir nach Fortnahme der Labyrinthe Ausfallserscheinungen bekommen müssen, weshalb die künstlichen Endolymphströme je nach ihrer Richtung reizend

oder hemmend wirken, weshalb beim Drehen des Kopfes in der Ebene eines Kanalpaares die Remanenz-Bewegungen der Endolymphe, entsprechend der Richtung der Kopfbewegung, den einen oder den entgegengesetzten Erfolg haben. Ja es braucht nach dieser Theorie bei den Einwirkungen der Kopfdrehungen auf die Bogengänge gar nicht zu wirklichen Bewegungen der Endolymphe zu kommen, sondern es ist nur nöthig, dass sich die Widerstände, die sich den Bewegungen der Tonushaare entgegenstellen, vermindern oder vermehren. Schliesslich versteht man dann auch die hemmende Wirkung der Plomben, durch welche zwar die Wirkung der Kopfdrehungen auf die Bogengänge gänzlich aufgehoben wird, im übrigen aber der Gebrauch der Muskulatur verhältnissmässig wenig leidet. Es liesse sich hier noch Vieles zu Gunsten dieser Theorie der flimmernden Tonushaare anfügen, doch wollen wir lieber zu den Thatsachen zurückkehren.

Indem das Tonuslabyrinth, vielleicht in seiner ganzen Ausdehnung, jedenfalls aber in seinen Ampullen durch die Drehungen des Kopfes beeinflusst wird und eine Wirkung der letzteren, je nach ihrer Richtung und Stärke, auf den Körper vermittelt, ist es ein **Sinnesorgan.** Dieser zuerst von Goltz behauptete und seitdem oft angefeindete Satz wird durch die Wirkung der Plomben zur Evidenz bewiesen.

Die in 3 Ebenen liegenden Kanäle zerlegen die Kopfdrehungen gewissermassen in 3 ihnen parallele Componenten, und jede derselben wirkt entsprechend ihrer Grösse auf das ihr parallele häutige Kanalpaar. Die beiden Kanäle, welche in derselben Kanalebene liegen, haben immer entgegengesetzte Richtung, d. h. wenn das Ampullenende des einen bei der Drehung voranschreitet, so folgt es bei dem andern nach. Es wirken daher die Bewegungen des Kopfes, beziehungsweise jede ihrer Componenten, auf den Kanal der einen Körperseite tonusverstärkend, auf den entsprechenden Kanal der andern Seite

tonus-hemmend. Indem man in die Kanäle Plomben einsetzt, macht man die Function des Goltz'schen Sinnesorganes unmöglich, ohne die Nervenendigungen an und für sich zu schädigen.

Goltz sprach klar aus, dass es physikalische, durch die Stellung des Kopfes bedingte Einwirkungen sein müssen, welche als Reize auf sein Sinnesorgan wirken. Er bezeichnete die Druckveränderungen der Endolymphe als mögliche Reize, welche der Theorie des Sinnesorgans genügen könnten. Mach und Breuer haben dann an die Stelle der Druckveränderungen die Remanenzbewegung treten lassen. Und wenn auch ohne Zweifel diese letztere Theorie vorzuziehen ist und durch meine Erfahrungen mit der Plombirungsmethode, mit dem pneumatischen Hammer und dem künstlichen Nystagmus eine feste Stütze erhalten hat, so handelt es sich doch nur um einen für die Berechtigung der Annahme eines Sinnesorgans und für die allgemeine Theorie desselben unwesentlichen Punkt. Die Erkenntniss eines besonderen Sinnesorgans in den Bogengängen, das war die Geistesthat, auf die es ankam.

Man hat immer 5 Sinne für den Menschen angenommen. Das gewöhnlich als fünfter Sinn bezeichnete „Gefühl" ist in viele Unterabtheilungen gespalten worden. Aber alle diese abgezweigten Wahrnehmungen lassen sich doch unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt zusammenfassen. Es giebt eine für sie alle passende Definition, und man hat mit Recht sie zusammen als Tastwahrnehmungen im weiteren Sinne bezeichnet. Ihnen gemeinsam ist, dass sie sämmtlich uns Zustände oder Veränderungen unseres Körpers wahrnehmen lassen. Schmerz, Kitzel, Wärme, Kälte u. s. w. empfinden wir als Zustände gewisser Körpertheile, und wir können sie daher auch sämmtlich mehr weniger genau localisiren, d. h. die Stelle angeben, wo der Reiz auf unseren Körper einwirkt. Bei allen andern Sinnen wird dagegen die Wahrnehmung nach aussen verlegt. Wir sind bekanntlich ganz ausser Stande, die Vorgänge beim Sehen und

Hören in unserem Auge oder in unserem Ohr als solche zu bemerken; auch nicht die specifischen Sinneserregungen beim Riechen und Schmecken. Nur sind die letzteren immer mehr weniger mit Tastwahrnehmungen im weiteren Sinne verbunden. So ist es gerade ein wichtiges Charakteristicum des fünften Sinnes, dass er die Wahrnehmungen stets nach aussen verlegt. Nur in Folge von besonderen Erfahrungen lernt man gewisse Tastgefühle zur Erkenntniss entfernter Objecte verwerthen. Man fühlt mit einem Stock die Härte des Bodens, aber bei aufmerksamer Beobachtung, oder wenn keine Erfahrungen vorliegen, können wir doch die Empfindungen in der den Stock haltenden Hand wahrnehmen.

So ist denn auch das Gefühl als fünfter Sinn in dieser Beziehung ein einheitlicher Sinn, und man kann unmöglich den Goltz'schen Sinn als einen Theil desselben ansprechen wollen. Wir können ja die betreffenden Octavuserregungen nicht in den Ampullen wahrnehmen und sind stets gezwungen, die durch sie vermittelten Wahrnehmungen nach aussen zu verlegen. Wir empfinden, dass unser Kopf gedreht wird, und dabei entspricht der Kopf ebenso einem Gegenstand der Aussenwelt wie unsere Hand, wenn wir sie sehen, oder unser Stimmorgan, wenn wir es hören. In dem Umstande, dass wir die Reize des Goltz'schen Sinnesrogans nicht localisiren können, freilich auch wohl, weil wir kein Mittel besitzen dieselben vom Körper abzuhalten, wie wir uns der Wirkung von Licht und Schall durch Verschliessen der betreffenden Sinnesorgane entziehen können, ist der Grund gelegen, weshalb dies Sinnesorgan nie gesucht und so spät erst erkannt wurde. Seit Jahrtausenden glaubte man nur fünf Sinne zu haben, und erst im Jahre 1870 kam der sechste, der Goltz'sche Sinn dazu.

Das Functioniren des Goltz'schen Sinnesorgans, also die Veränderungen, welche die beständige Thätigkeit der Tonushaare in den Ampullen in Folge der Remanenzbewegung der

Endolymphe in den Bogengängen erleidet, nehmen wir als Drehung unseres Kopfes wahr. Gleichzeitig wird aber auch stets in den von den Tonushaaren in den Ampullen versorgten Muskelgruppen auf der einen Seite des Körpers der Ohrtonus verstärkt, auf der andern derselbe abgeschwächt und auf diese Weise das Muskelgefühl in diesen Muskeln verändert. Aus den gegebenen Beziehungen zwischen den Wahrnehmungen der Kopfdrehung und den Wahrnehmungen der Muskelbewegungen entspringt zum grossen Theil sowohl die Sicherheit unserer Bewegungen wie auch die richtige Beurtheilung ihres Erfolges. Werden aus irgend welchen Gründen diese uns unbewusst wohlbekannten Beziehungen gestört, wie bei stärkerer Rotation, schwankender passiver Bewegung, ungewohnter Haltung des Kopfes, Verletzung des Goltz'schen Sinnesorgans u. s. w. so empfinden wir Schwindel. Ich stimme also im Wesentlichen mit Hitzig überein, wenn er meint, der Schwindel beruhe auf Störungen des Muskelgefühls. Aber meiner Überzeugung nach ist es nicht eine Störung des Muskelgefühls an und für sich, die das Schwindelgefühl hervorruft, sondern eine Störung der gewohnten Beziehungen zwischen Labyrintherregung und Muskelgefühl, und es ist daher das Labyrinth zu seinem Zustandekommen nothwendig. Ein völliger Ausfall dieser Beziehungen oder eine nur quantitative Herabsetzung der Labyrinthfunctionen erzeugt nach meinen Beobachtungen keinen Schwindel. Ich schliesse dies aus dem Verhalten der doppelseitig oder einseitig labyrinthlosen Thiere. Aber nach theilweiser Zerstörung der Tonuslabyrinthe entsteht immer Schwindel, und er dauert offenbar so lange, bis sich das Thier an die neuen Beziehungen zwischen den Kopfbewegungen und dem Muskelgefühl gewöhnt hat.

Freilich sagt Schiff, es sei das Muskelgefühl bisher durch nichts erwiesen, aber vielleicht sieht er, wenn ihn auch die übrigen Erfahrungen in dieser Beziehung nicht überzeugt haben, in dem Verhalten der labyrinthlosen Thiere einen Beweis für

die Möglichkeit das Muskelgefühl zu schädigen und daher indirekt für seine Existenz. Lässt doch z. B. die labyrinthlose Taube, welche sehend den Kopf ganz normal hält, denselben nach hinten (vergl. die Abbildung Fig. 3 auf Seite 12) oder auch nach vorn fallen, sobald man sie in einen ganz dunklen Raum bringt. Da ein Zug von Seiten der Muskulatur ausgeschlossen ist (der Kopf fällt nur in der Richtung der Schwere), so begreift man nicht, weshalb das Thier nicht auch im Dunklen den Kopf gerade halten sollte, wenn nicht eben das Muskelgefühl geschädigt wäre, welches im Hellen durch das Auge gewissermassen ersetzt wird. Man kann die Störung auch nicht auf den Mangel eines eventuell im Labyrinth befindlichen „Lagegefühls" beziehen, denn die gleiche Störung, wenn auch weniger stark, lässt sich an den Extremitäten nachweisen.

Schliesslich noch ein Wort über diejenigen Endigungen des Octavus im Tonuslabyrinth, welche nicht in den Ampullen liegen. Haben sie auch neben ihrer Tonusfunction die eines Sinnesorgans? Breuer hat neuerdings die Wahrnehmungen der Lage und der Progressivbewegungen mit ihnen in Zusammenhang gebracht. Ich glaube, dass dies eine sehr glückliche Idee ist, die sich auch gewiss bestätigen wird. Meiner Meinung nach sind aber damit die Functionen der Maculae acusticae noch nicht erschöpft. Ich möchte vielmehr annehmen, dass ihre Otolithen bei allen Bewegungen (nicht nur den Progressivbewegungen) und Erschütterungen des Kopfes die Thätigkeit der Tonushaare verstärken. Dabei mögen die verschiedenen Maculae acusticae je nach der Lage des Kopfes zur Richtung der Schwere ungleich betroffen werden. Man kann sich auch leicht vorstellen, dass auf diese Weise während längerer Zeiten der Ruhe des Thieres der dann unnöthige Ohrtonus sehr herabgesetzt wird und dass ihn bei den ersten Bewegungen, die nach der langen Ruhezeit wieder ausgeführt werden, die Otolithen (im Goltz'schen Sinnesorgan die Remanenzbewegungen der Endo-

lymphe) zu neuer Thätigkeit erwecken. Mehr als solche allgemeinen Wirkungen möchte ich aber jedenfalls den Otolithen derjenigen niederen Thiere zuschreiben, bei denen sie eine ganz besondere Ausbildung und Anordnung erfahren haben, worauf wir gleich noch zurückkommen werden.

Bei dem Studium der Functionen des Octavus wird man immer zu der philogenetischen Entwickelung seines Endorgans hingewiesen, und wir können auch hier nicht gut einen ganz kurzen Ausblick in dieser Beziehung umgehen. Nach meinen Erfahrungen über die Wirkung des Tonuslabyrinths würde ich etwa folgende Entwickelung annehmen.

Ursprünglich besteht der ganze Endapparat des Octavus nur aus dem Tonuslabyrinth, das die Aufgabe hat, beständig auf die Muskeln des Körpers zu wirken. Wenn während langer Zeiten (Entwickelungsstadien, Verdauungsperioden, Schlaf) die Muskeln keine Bewegung ausführen und das Thier in Folge dessen nicht erschüttert wird, so geräth auch das Tonuslabyrinth in Unthätigkeit, d. h. die Tonushaare hören auf zu flimmern. Sobald sich dann das Thier wieder bewegt, werden dieselben durch die Otolithen zur Thätigkeit angeregt, und indem auf diese Weise die Bewegungen des Thieres auf das Tonuslabyrinth wirken, ist dasselbe auch ein Sinnesorgan. Bei vielen Thieren mag sich diese Beziehung zwischen den Bewegungen oder der Lage des Thieres zu der Erregung der Tonushaare durch die Otolithen besonders ausgebildet haben, und wo z. B. ein grosser Otolith durch einzelne Tonushaare getragen wird, da kann sehr wohl, je nach der Lage des Thiers und der ihr entsprechenden Stellung des Otolithen, die eine oder die andere Muskelgruppe stärker angeregt werden und dies zur Compensirung der Lage des ganzen Thieres führen. Einen Rest des ursprünglichen Organs besitzen wir noch als Maculae acusticae.

Ein Theil des Thonuslabyrinths, speciell diejenigen Tonushaare, welche auf die Muskeln der Augen, des Kopfes und des

Halses wirken, entwickelte sich dann vermöge der Ausbildung der Bogengänge zu dem die Cristae acusticae ampullarum enthaltenden Goltz'schen Sinnesorgan. Was die Otolithen selbst bei ihrer besten, d. h. functionell vortheilhaftesten Anordnung nur roh und im Allgemeinen erreichen, kommt durch das Goltz'sche Organ für einen Theil der Muskulatur mit grösster Präcision zu Stande.

Wahrscheinlich schon früher als die Bogengänge entstanden sind, hat sich aber ein Theil der Tonushaare zu Hörhaaren differenzirt. Ihre selbständige flimmernde Thätigkeit ist erloschen, und statt dessen werden sie durch den Schall in schwingende Bewegung versetzt. Letztere überträgt sich direct auf die Octavusfasern, von denen wir ja wissen, dass sie auf diese Weise erregbar sind. Eine Verbindung mit den Muskeln ist bei den Hörhaaren nicht mehr vorhanden [1]), auch fehlen die Otolithen, die hier ihre Bedeutung verloren haben.

Zum Schluss sei noch eine allgemeine Übersicht gestattet. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen würde sich der Endapparat des Octavus bei den höheren Wirbelthieren physiologisch aus folgenden Apparaten zusammensetzen:

I. Das Tonuslabyrinth, welches den Ohrtonus der Muskulatur unterhält. Indem es auch als Sinnesorgan functionirt, zerfällt es in
   a) Das Goltz'sche Sinnesorgan (Bogengangsapparat),
   b) Die Maculae acusticae (Otolithenapparat).

II. Das Hörlabyrinth.

---

1) Vielleicht mit der einzigen Ausnahme einer Verbindung zu dem merkwürdigen Musculus tensor tympani.

Kapitel XV.

Litteraturübersicht.

Je weniger wir die Function eines Organs kennen, desto zahlreicher und verschiedenartiger sind die Angaben über seine Wirkungsweise. Das Labyrinth hat man schon für alles nur Erdenkbare verantwortlich gemacht. Von der Priorität einer neuen Ansicht kann daher eigentlich nicht mehr die Rede sein, um so weniger, als sich die bereits geäusserten Ansichten in vieler Beziehung vollständig einander ausschliessend gegenüber stehen, und tertium non datur.

Zuweilen bekommt in solchen Fällen gerade derjenige Recht, der seine Ansicht am wenigsten begründen konnte, der aber gewagt hat, einfach das, was er sah, zu sagen. So hat in unserm Falle schon Bornhardt vermuthet, dass das Muskelgefühl geschädigt werde, aber erst in meinen Untersuchungen findet sich eine genügende Begründung dieser Annahme. Für ihn musste es doch unbegreiflich sein, wie die Verletzung eines peripheren Organs ein anderes peripheres Organ schädigen könne. Ähnlich liegen die Verhältnisse in Bezug auf die Angaben von Högyes, der dem Labyrinth einen dauernden Einfluss auf die Augenmuskeln zugeschrieben hat. Um letztere Ansicht aussprechen zu dürfen, muss man, meiner Ansicht nach, erst den so schwierigen und durch dies ganze Buch sich hinziehenden Beweis liefern, dass es sich nicht um

Hemmungserscheinungen handelt, wenn nach der Fortnahme der Labyrinthe gewisse Bewegungen wie z. B. auch der Drehschwindel ausbleiben.

Trotzdem wäre eine genaue Aufzählung und historische Verfolgung der einzelnen bisher angegebenen Symptome und Erklärungen recht interessant. Aber eine derartige Litteraturstudie würde sehr umfangreich werden und gehört auch nicht in diese Schrift, in der ich doch hauptsächlich nur eigene Versuche beschreibe und in keiner Weise eine umfassende Darstellung unserer Kenntnisse über alle Functionen des Labyrinths anstrebe. Auch von einer einfachen Aufzählung der bisher erschienenen Arbeiten könnte hier füglich abgesehen werden. Wenn ich dennoch eine Liste der mit obigen Untersuchungen in Beziehung stehenden Arbeiten anfüge, so geschieht es ohne Anspruch auf Vollständigkeit und nur, um denen, welche dies Gebiet neu betreten, behilflich zu sein.

Aber ich kann diese Aufzählung der Arbeiten nicht beginnen, ohne mit besonderer Anerkennung die Namen derjenigen Männer der Wissenschaft zusammenzustellen, welche meiner Meinung nach ein besonders hervorragendes Verdienst um die Labyrinthfrage haben. Damit will ich keineswegs die Arbeiten der andern Autoren für unbedeutend oder unwichtig bezeichnen. Im Gegentheil. Es hat mir immer einen grossen Eindruck gemacht, die ungeheuere Summe von Arbeit, Sorgfalt und Nachdenken zu überblicken, die auf diesem Gebiet von nur etwa 100 Autoren entfaltet worden ist. Wenn ich annehmen darf, sicherere Resultate als meine Vorgänger erhalten zu haben, so liegt dies nur an der Anwendung geeigneterer Methoden. Bessere Durchschneidungen der Bogengänge z. B., als sie Anna Tomascewicz gemacht hat, wird man überhaupt nicht machen können — das erkenne ich ohne Weiteres aus den Symptomen ihrer Tauben — aber was nützt die sorgfältigste Durchschneidung, wenn man den Bogenflüssigkeiten freien Austritt aus dem Labyrinth gestattet.

Ich stelle also im Folgenden nicht die Autoren der besten Arbeiten zusammen, sondern diejenigen, deren Angaben für die Erkenntniss und das Studium der Labyrinthfunctionen die grösste Bedeutung haben. Zu gleicher Zeit gebe ich an, worin mir diese Bedeutung zu bestehen scheint. Auch hierbei ist wieder die Priorität im gewöhnlichen Sinne von keinem Belang. So ist z. B. Schrader nicht der erste, der den Drehschwindel beim labyrinthlosen Thiere vermisst hat, aber er hat seine Versuche an dem unersetzbaren Frosch angestellt und mit einer ganz einwandsfreien und ausserordentlich einfachen Methode, die immer von grösster Wichtigkeit bleiben wird.

Flourens sah nach der Durchschneidung der Bogengänge eigenthümliche Bewegungen des Kopfes. Er gab ferner an, dass die Richtung dieser Bewegungen von der Wahl der durchschnittenen Bogengänge abhängig sei.

Goltz erkennt in den Bogengängen ein besonderes Sinnesorgan zur Regulierung des Körpergleichgewichts.

Breuer entdeckt, dass die pendelnden Kopfbewegungen in der Ebene der durchschnittenen Bogengänge ausgeführt werden. Er lässt die Erregungen in den Bogengängen durch Rotations-Remanenz zu Stande kommen.

Mach gelangt durch seine geistreiche Analyse der Bewegungsempfindungen zur Annahme eines besonderen Sinnesorgans im Labyrinth, welches durch Rotations-Remanenz gereizt wird.

Högyes beweist die Abhängigkeit des Drehschwindels vom Labyrinth.

Schiff entdeckt das Symptom, dass die Hunde nicht mehr vom Tisch herabspringen und nicht die Treppe herabgehen können.

Schrader zeigt wie man das Labyrinth beim Frosch von der Mundhöhle aus vollständig und ohne Blutung entfernen kann.

Physiologie.

(Die mit einem Stern bezeichneten Arbeiten lagen im Original vor.)

* Arnheim, F., Beiträge zur Theorie der Localisation von Schallempfindungen mittelst der Bogengänge. Diss. Jena 1887.
* Aubert, H., Physiolog. Studien über die Orientirung unter Zugrundelegung von Yves Delage: Études etc. Mit einem Anhange: Purkinje's Bulletin von 1825: Über den Schwindel. Tübingen 1888. H. Laupp.
*— Über die Orientirung im Raume bei ruhendem und bewegtem Körper und über den Schwindel. Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg. Bd. 42 p. 249.
*— Die Bewegungsempfindung. Pflüger Arch. 39 p. 347.
Ayers, H., On the origin of the internal ear and the functions of the semicircular canals and cochlea. The Lake Lab. Milwaukee Wisc. 21. Mai 1890 p. 1.
* Baginsky, B., Über die Schwindelerscheinungen nach Ohrverletzungen. Ber. d. Berliner Akademie 1881 p. 42.
*— Über die Folgen von Drucksteigerung in der Paukenhöhle und die Functionen der Bogengänge. Du Bois Arch. 1881 p. 201.
*— Die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Biol. Centralbl. 1881-82 Bd. 1 p. 438.
*— Zur Physiologie der Bogengänge. Du Bois Arch. 1885 p. 253.
*— Über den Menière'schen Symptomcomplex. Berl. klin. Wochenschr. 1888 Nr. 45.
* Bechterew, W., Über die functionelle Beziehung der unteren Oliven zum Kleinhirn und die Bedeutung derselben für die Erhaltung des Körpergleichgewichts. Pflüger Arch. 29 p. 257.
*— Ergebnisse der Durchschneidung des N. acusticus nebst Erörterung der Bedeutung der semicirculären Kanäle für das Körpergleichgewicht. Pflüger Arch. 30 p. 312.
* Berthold, E., Über die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Arch. f. Ohrenhlk. N. F. 3 p. 77.
Bloch, J., Über die Function der Halbzirkelkanäle. Diss. Petersburg 1873 (russisch).
* Bonnafont, Sur quelques états pathologiques du tympan, qui provoquent les phénomènes nerveux que Flourens et de Goltz attribuent exclusivement aux canaux semicirculaires. Comptes rendus 89 p. 731.
* Böttcher, A., Kritische Bemerkungen und neue Beiträge zur Literatur des Gehörlabyrinths. Dorpater med. Zeitschr. 1873 Bd. 3 p. 97.
*— Über die Durchschneidung der Bogengänge des Gehörlabyrinths und die sich daran knüpfenden Hypothesen. Arch. f. Ohrenhlk. N. F. 3 p. 1.
* Bornhardt, A., Zur Frage über die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875 p. 321.
*— Experimentelle Beiträge zur Physiologie der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Pflüger Arch. 12 p. 471.
* Breuer, J., Anzeiger d. k. k. Gesellsch. d. Ärzte in Wien. Nr. 7, 20. Nov. 1873.
*— Über die Bogengänge des Labyrinths. Allgem. Wiener med. Zeitg. 1873. Bd. 18 Nr. 48 p. 598.

* Breuer, J., Über die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Wiener med. Jahrb. 1874 p. 72.

*— Beiträge zur Lehre vom statischen Sinne etc. Wiener med. Jahrb. 1875 p. 87.

*— Neue Versuche an den Ohrbogengängen. Pflüger Arch. 44 p. 135.

*— Über die Function der Otolithen-Apparate. Pflüger Arch. 48 p. 195.

* Brown-Séquard, C. E., Course of lectures on the physiology and pathology of the central nervous system. Philadelphia 1860.

*— Nouveaux faits relatifs à l'action du chloroforme appliqué à la périphérie du système nerveux (peau et conduit auditif externe). Comptes rendus de la société de biologie 1880, serie 7, tome 2 p. 383.

— Experimental researches applied to physiology and pathology. New-York 1853.

* Brückner, C., Zur Function des Labyrinths. Virchow Arch. 114 p. 291.

* Brunner, G., Über den bei Krankheiten des Gehörorgans vorkommenden Schwindel (Gehörschwindel). Arch. f. Augen- u. Ohrenhlk. 2, 1. Abth. p. 63.

* Carville, Lésions cérébrales, cérébelleuses et des canaux semi-circulaires produites expérimentalement sur des pigeons. Gaz. méd. 25 p. 158.

* Cohn, Mich., Über Nystagmus bei Ohraffectionen. Berl. klin. Wochenschr. 1891 Nr. 43.

* Crum Brown, A., On the sense of rotation and the anatomy and physiology of the semicircular canals of the internal ear. Journ. of Anat. and. Physiol. 8 p. 327.

*— Our sensations of motion. Nature 40 p. 449.

* Curschmann, H., Über das Verhältniss der Halbzirkelkanäle des Ohrlabyrinths zum Körpergleichgewicht. Deutsche Klinik Bd. 26 Nr. 3. — Arch. f. Psych. 5, p. 458.

* Cyon, E., Methodik der physiol. Experimente etc. Petersburg und Giessen 1876 p. 541—547.

*— Die peripherischen Organe des Raumsinnes. Comptes rendus 85 p. 1284.

*— Physiol. Beziehungen zwischen dem Gehörnerv und dem oculomotorischen Apparate. Comptes rendus 82 p. 856.

*— Über die Function der halbzirkelförmigen Kanäle. Pflüger Arch. 8 p. 306.

*— Experimentelle Untersuchungen über die Functionen der halbzirkelförmigen Kanäle und über die ihnen bei der Bildung des Raum-Begriffs zukommende Rolle. These der Pariser Facultät 1878.

Die letztgenannten 4 Arbeiten finden sich auch in den gesammelten physiolog. Arbeiten des Autors. Berlin 1888 (Hirschwald).

* Czermak, J., Notiz über eine neue Folgeerscheinung nach Durchschneidung der Semicircularcanäle bei Vögeln (Tauben). Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. 3 p. 101.

* Dalby, W. B., The functions of the semicircular canals. Lancet, London 1883, Bd. 1 p. 386.

* Delage, Y., Sur la fonction des canaux demicirculaires de l'oreille interne. Comptes rendus 103 p. 749.

*— Études expérimentales sur les illusions statiques et dynamiques de direction pour servir à déterminer les fonctions des canaux demi-circulaires de l'oreille interne. Arch. de zool. expér. IV, 1886 p. 535.

* Delage, Y., La fonction non auditive de l'oreille interne. Rev. scient. 44 p. 616.
* Duval, Sur le nerf acoustique et le sens de l'espace. Comptes rendus de la soc. de biol. 1880 p. 91.
* Ecker, Flimmerbewegung im Gehörorgan von Petromyzon marinus. Müller Arch. 1844 p. 520.
* Engelmann, Th. W., Über die Function der Otolithen. Zool. Anzeiger 1887 Nr. 258.
* Exner, Sigm., Sitzungsber. d. Wiener Academie Bd. 70, 3 p. 151.
* Ewald, J. R., Zur Physiologie der Bogengänge. Pflüger Arch. 41 p. 463.
*— Zur Physiologie der Bogengänge. Fortsetzung. Über Bewegungen der Perilymphe. Pflüger Arch. 44 p. 319.
* Fano, G. und Masini, G., Beitrag zur Physiologie des inneren Ohres. Centralbl. f. Physiol. Bd. 4 Nr. 25.
* Flourens, Expériences sur les canaux semicirculaires de l'oreille. Mem. de l'Acad. T. 9, 1828.
*— Recherches expérimentales sur les propriétés etc. Paris 1842, 2 édition.
*— Nouvelles expériences sur l'indépendance respective etc. Comptes rendus 52. p. 673.
Gellé, Sulla parte che ha la chiocciola nella produzione dei disturbi dell' equilibrio. La Trib. méd. Juin 1887.
* Goltz, Fr., Über die physiologische Bedeutung der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Pflüger Arch. 3 p. 172.
* Hensen, V., Experimente an den halbzirkelförmigen Kanälen. Hermann, Handbuch d. Physiol. 3, Theil 2 p. 137.
* Hitzig, E., Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874.
Högyes, A., Über den Nervenmechanismus der unwillkürlich associirten Augenbewegungen etc. Orvosi Hetilap Nr. 17. 1880 (ungarisch).
*— Über die wahren Ursachen der Schwindelerscheinungen bei der Drucksteigerung in der Paukenhöhle. Pflüger Arch. 26 p. 558.
* Jacobson, L., Über die Beziehung des Hörnerven zum Gleichgewicht. Arch. f. Ohrenheilk. 22 p. 146.
James, W., The sense of dizziness in deaf-mutes. Amer. Journ. of Otology 4, 1882.
* Jourdan, E., Die Sinne und Sinnesorgane der niederen Thiere. Weber's Naturw. Bibliothek Nr. 3, Leipzig 1891.
* Kisselbach, W., Zur Function der halbzirkelförmigen Kanäle. Arch. f. Ohrenheilk. 18 p. 152.
* Knapp, H., Klinische Analyse der entzündlichen Affectionen des innern Ohres. Arch. f. Augen- und Ohrenheilk. 2, 1. Abth. p. 268.
* Knoll, Ph., Über experimentell erzeugten Nystagmus und seine Verzeichnung. Wiener med. Wochenschr. 1885 p. 1565.
*— Über die nach Verschluss der Hirnarterien auftretenden Augenbewegungen. Sitzungsber. d. Wiener Acad. III. Abth. 94 p. 220.
* Kny, E., Untersuchungen über den galvanischen Schwindel. Diss. Strassburg 1887.
Korânyi, Alex., Beiträge zur Lehre vom experimentellen Nystagmus. Ber. d. ungarischen Acad. d. Wissensch. 5 p. 114.

*Kreidl, A., Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths auf Grund von Versuchen an Taubstummen. Pflüger Arch. 51 p. 119.
*Laborde, J. V., Essai de détermination expérimentale et morphologique du rôle fonctionnel des canaux semicirculaires. Trav. Lab. physiol. Fac. méd. de Paris 1885 p. 31.
*Lange, Bogumil, In wieweit sind die Symptome, welche nach Zerstörung des Kleinhirns beobachtet werden, auf Verletzungen des Acusticus zurückzuführen? Pflüger Arch. 50 p. 615.
Lawson, Voluntary Nystagmus. Ophthalm. Hosp. Reports 10.
*Loeb, J., Über Geotropismus bei Thieren. Pflüger Arch. 49 p. 175.
*— Über den Antheil des Hörnerven an den nach Gehirnverletzung auftretenden Zwangsbewegungen etc. Pflüger Arch. 50 p. 66.
*Löwenberg, B., Über die nach Durchschneidung der Bogengänge des Ohrlabyrinthes auftretenden Bewegungsstörungen. Arch. f. Augen- u. Ohrenheilk. 3 p. 1.
*Lubbock, Die Sinne und das geistige Leben der Thiere, insbesondere der Insekten. Intern. wissensch. Bibliothek. Leipzig 1889.
*Lucae, A., Über optischen Schwindel bei Druckerhöhung im Ohr. Du Bois Arch. 1881 p. 193. — Archiv f. Ohrenhlk. 17 p. 237.
Lussana, F., Sui canali semi-circolari. Padova 1872.
*Mach, E., Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig 1875.
*— Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Jena 1886.
*Malinin, Über die physiolog. Rolle der häutigen Bogengänge (canales semicirculares) des Labyrinths. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1866 p. 673.
*M'Bride, P., A new theory as to the functions of the semicircular canals. Journ. of anat. and physiol. 17 p. 211.
*Menière, P., Mémoire sur des lésions de l'oreille interne donnant lieu à des symptômes de congestion cérébrale apoplectiforme. Gazette méd. de Paris 1861 p. 597.
*Michalski, L., Experimentelle Beiträge zur Frage über die Bedeutung der halbzirkelförmigen Kanäle des Ohrlabyrinths. Diss. Greifswald 1876.
*Morisset, M., Étude sur la pression intralabyrinthique. Thèse Paris 1878.
*Morison, A., The functions of the semi-circular canals. Lancet London 1883 Bd. 1 p. 519.
*Munk, H., Ein Fall von einseitigem Fehlen aller Bogengänge bei der Taube. Du Bois Arch. 1878 p. 347.
*Ogston, A., On the function of the semicircular canals of the internal ear. Brit. and For. Med. Chir. Rev. London 1869 Bd. 44 p. 201.
*Preyer, W., Die Wahrnehmung der Schallrichtung mittels der Bogengänge. Zum Theil nach Versuchen von K. Schäfer. Pflüger Arch. 40 p. 586.
Purkinje, J., Physiolog. Versuche über den Schwindel. 10 Bulletin d. naturwissensch. Section d. schlesischen Gesellsch. Breslau 1825.
*— Beiträge zur näheren Kenntniss des Schwindels aus heautognostischen Daten. Med. Jahrb. des österreich. Staates 6. Bd, 2 Stück 1820.
Puylia, G., Sugli effetti della lesione dei canali semicircolari. Soc. med. chir. in Modena. Resoc. 1875—1877.
*Schiff, M., Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie. Lahr 1858—59 p. 399.

* Schiff, M., Sur le rôle des rameaux non auditifs du nerf acoustique. Arch. des sciences phys. et nat. 1891, 15. Févr.
* Schäfer, K., Über die Wahrnehmung eigener passiver Bewegungen durch den Muskelsinn. Pflüger Arch. 41 p. 566.
— Über den Drehschwindel bei Thieren. Naturw. Wochenschr. Nr. 25, 1891.
* Schklarewsky, A. von, Nachricht. von d. kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, 12. Juni 1872, Nr. 15.
— Das Kleinhirn und die halbzirkelförmigen Kanäle der Vögel. Journ. f. normale und patholog. Histologie, herausg. von Rudnew 1872, 5 p. 305.
* Schrader, M., Zur Physiologie des Froschgehirns. Pflüger Arch. 41 p. 75.
* Sewall, H., Experiments upon the ears of fishes with reference to the function of equilibrium. Journ. of physiol. 4 p. 339.
* Spamer, C., Experimenteller und kritischer Beitrag zur Physiologie der halbkreisförmigen Kanäle. Pflüger Arch. 21 p. 479.
*— Noch einige Worte zur Frage der Function der halbkreisförmigen Kanäle des Ohres. Pflüger Arch. 25 p. 177.
Stefani, A., Studi sulla funzione dei canali semicircolari etc. Lo Sperimentale Mai 1875 und Dez. 1876.
— und Weiss, Ricerche anatomiche intorno al cerveletto di colombi sani ed operati nei canali semicircolari. Mittheilg. an die Acad. in Ferrara 24. Nov. 1877.
* Steiner, Isidor, Über das Centralnervensystem des Haifisches und des Amphioxus lanceolatus und über die halbzirkelförmigen Kanäle des Haifisches. Sitzungsber. d. Berliner Akad. 20. Mai 1886.
*— Der Menière'sche Schwindel und die halbzirkelförmigen Kanäle. Deutsche med. Wochenschr. 1889 Nr. 47.
* Tomascewicz, Anna, Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths. Diss. Zürich 1877.
* Verworn, M., Gleichgewicht und Otolithenorgan. Pflüger Arch. 50 p. 423.
* Viguier, C., Sur les fonctions des canaux semicirculaires. Comptes rendus 104 p. 868.
* Vulpian, A., Expériences relatives aux troubles de la motilité, produits par les lésions de l'appareil auditif. Comptes rendus 96 p. 90.
*— Sur les phénomènes morbides qui se manifestent chez les lapins sous l'influence de l'introduction du chloral hydraté dans l'oreille. Comptes rendus 96 p. 304.
*— Leçons sur la physiologie gén. et comp. du système nerveux. Paris 1866 p. 600.

Anatomie.

* Retzius, G., Das Gehörorgan der Wirbelthiere II. Stockholm 1884, p. 139.
* Hasse, C., Zur Morphologie des Labyrinthes der Vögel. Anat. Studien, herausg. v. Hasse, Bd. 1 p. 189.
*— Das knöcherne Labyrinth der Frösche. Ebenda, Bd. 1 p. 377.
*— Die vergleich. Morphologie und Histologie des häutigen Gehörorganes der Wirbelthiere. 1873, Supplement zu den anat. Studien, Bd. 1.
* Bockendahl, A., Über die Bewegungen des M. tensor tympani nach Beobachtungen beim Hunde. Diss. Kiel 1880.

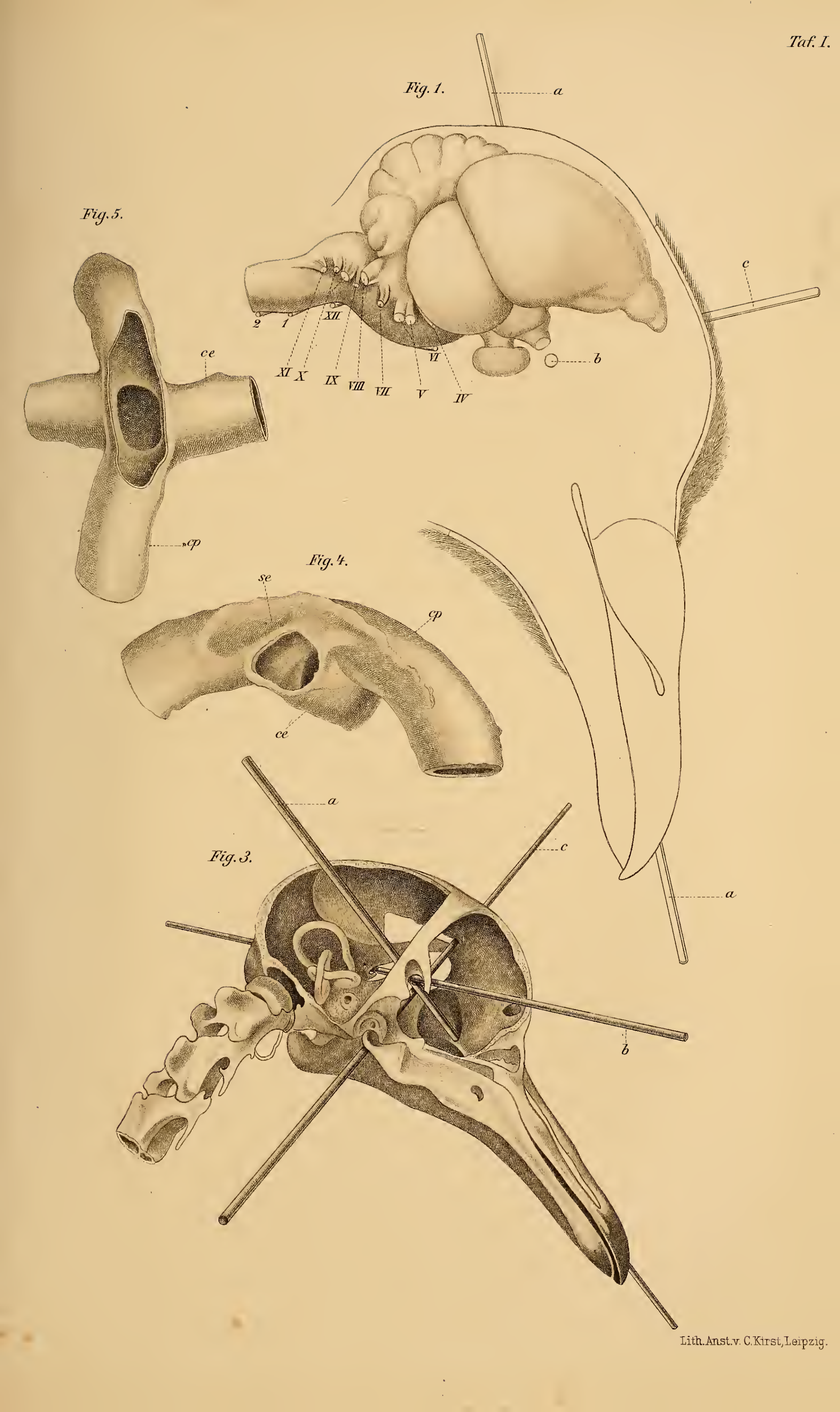
Tafel I.

Fig. 1. Austritt des Nervus octavus aus der Gehirnsubstanz oberhalb der Reihe der übrigen Nerven und völlig gesondert vom Nervus facialis. Das Gehirn ist in der richtigen Lage zum Kopf gezeichnet, dessen Achsen angedeutet sind; die Schnabelachse und die Scheitelachse durch die Stäbe a und c, die Augenachse durch den Querschnitt eines solchen Stabes b. Vergr. $2^{1}/_{4}:1$.

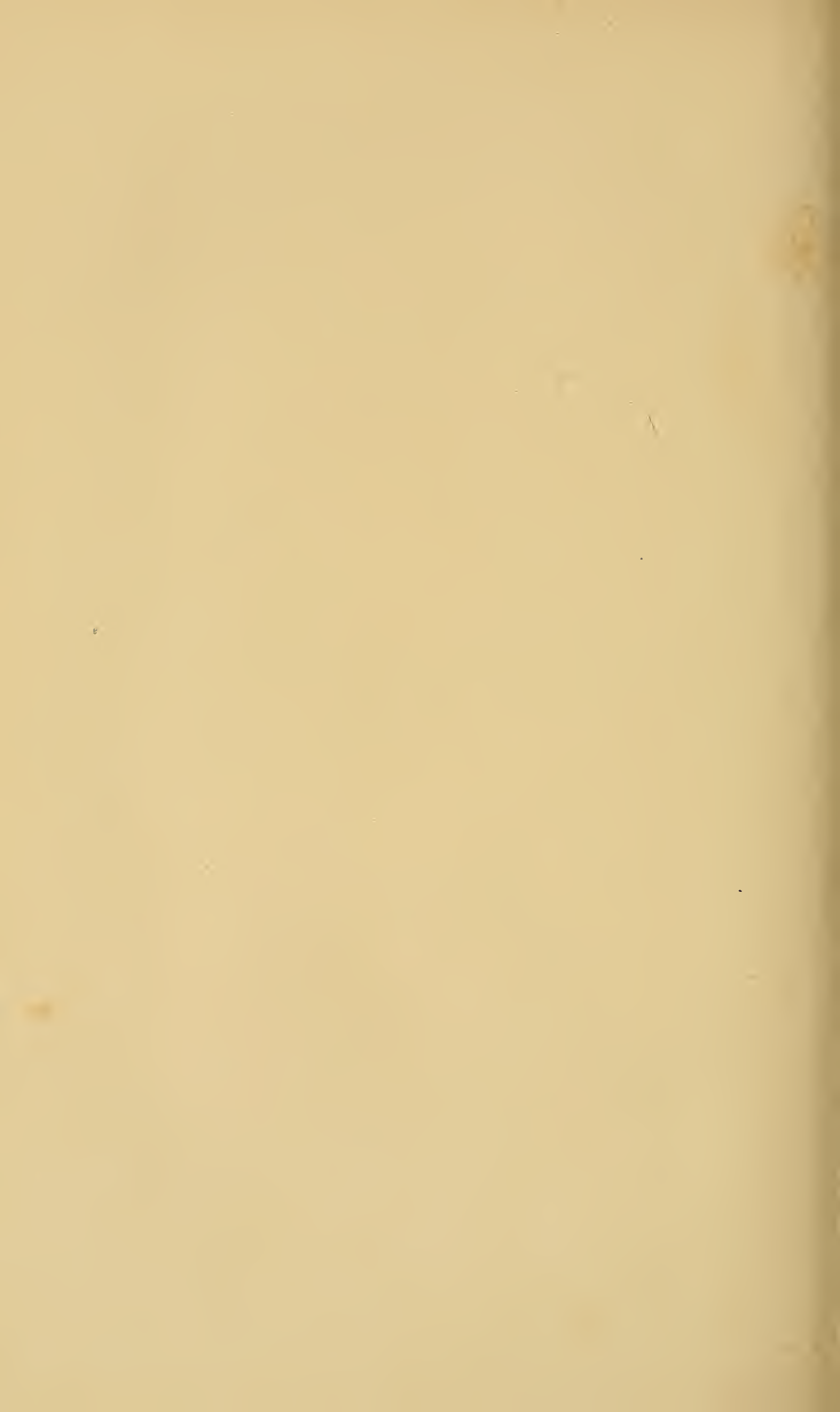
Fig. 3. Die Bogengänge sind in ihrer Lage im Schädel frei präparirt. Der Canal. extern. zeigt eine geringe Knickung am grossen Kreuz. Vor der Amp. extern. sieht man das Foramen communicans. Die Stäbe a, b und c liegen in der Schnabel-, Augen- und Scheitelachse. Vergr. $^{3}/_{2}:1$.

Fig. 4. Die Kreuzung der knöchernen Kanäle am rechten grossen Kreuz. Die Kanäle sind in einander eingelassen und haben ein weites Verbindungsloch. ce Canal. extern.; cp Canal. post. se ist eine flache, sich am Canal. post. entlang ziehende Furche, welche von dem Sinus post. herrührt. Vergr. 15 : 1.

Fig. 5. Einblick in das rechte grosse Kreuz. Das grosse Verbindungsloch tritt deutlich zu Tage. ce Canal. extern; cp Canal. post. Vergr. 15 : 1.



Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig.



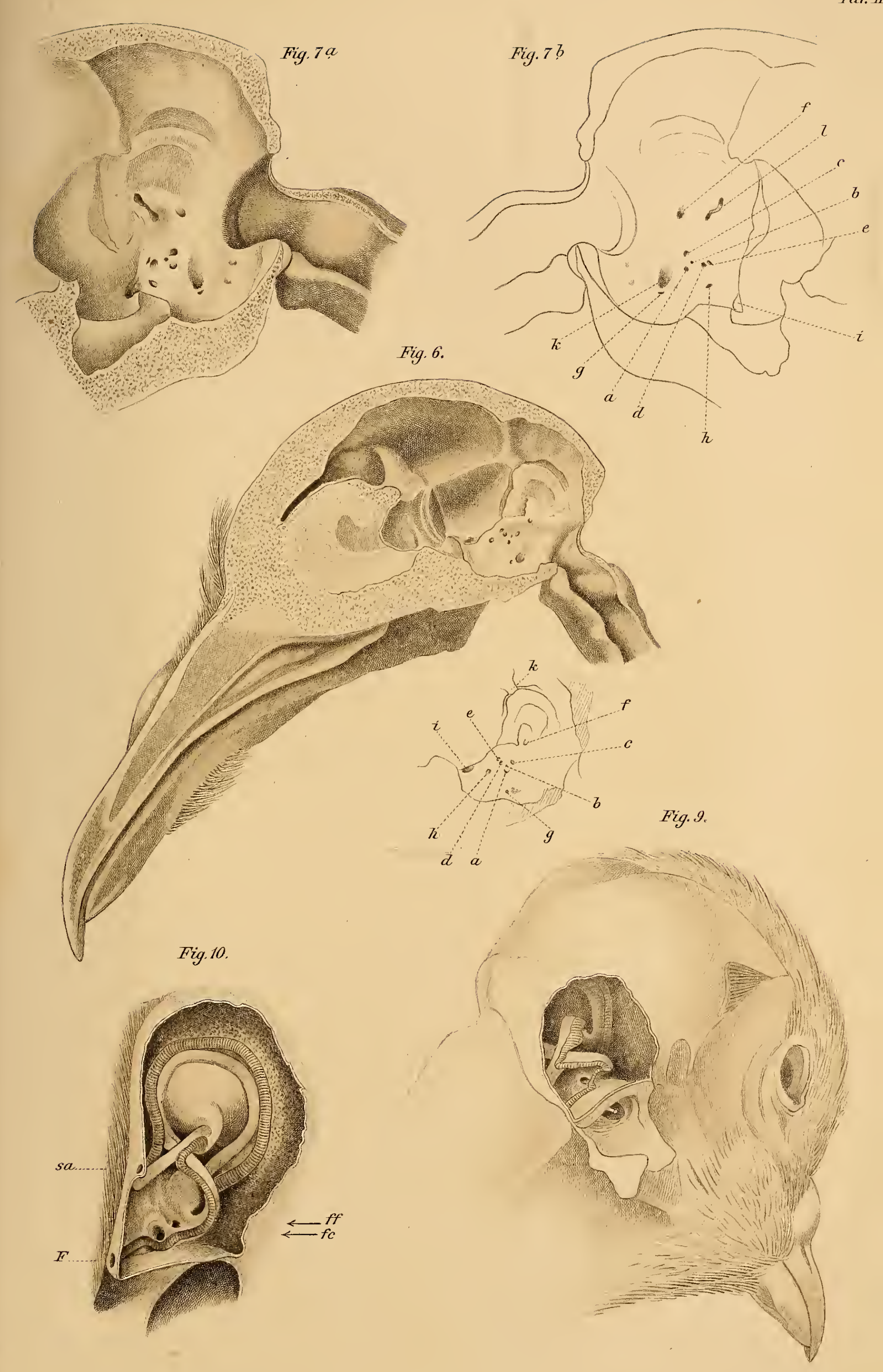
Tafel II.

Fig. 6. Uebersichtspräparat der Lage des Labyrinths und der Octavusöffnungen in der Schädelhöhle. a Foram. raml. cochlear; b Foram. raml. sacculi; c Foram. raml. amp. post.; d Foram. raml. amp. extern.; e Foram. raml. amp. ant.; f Foram. aquaeductus vestibuli; g Foram. aquaeductus cochleae; h Foram. nerv. facialis; i Foram. nerv. quinti; k Knochenvorsprung über dem Sinus anterior. Vergr. 2 : 1.

Fig. 7a und **7b.** Die Octavusöffnungen in der Schädelhöhle der rechten und linken Seite. k ist das Foram. jugulare; l der Durchtritt der Radix sinus post. in das Cavum mesooticum; die übrigen Bezeichnungen wie in der vorigen Abbildung. Vergr. 3 1/2 : 1.

Fig. 9. Einblick in die Ohrhöhle. Man sieht das grosse Kreuz und im Hintergrunde ein Stück des Canal. ant. mit seinem Sinus. Der Sinus extern. scheint sich von dem Canal. extern. auf den Boden der Ohrhöhle zu begeben, in Wirklichkeit schimmert er aber nur durch den dünnen Knochenboden durch. Er läuft am Rande des Foram. communicans vorbei. Unter dem Boden der Ohrhöhle sieht das Ende der Columella hervor.

Fig. 10. Der ganz eröffnete obere Theil der Ohrhöhle. Oberhalb des Foram. communicans fc sieht man das Foram. falsum, das nicht in die Labyrinthkapsel, sondern aus der Ohrhöhle hinausführt. Der Sinus ant., der nicht überall seinem Kanal anliegt, verlässt die Ohrhöhle durch die Oeffnung sa. Der Sinus extern., der etwa von der Stelle an, wo er an das Foram. communicans tritt, im Fallopischen Kanal verläuft (vergl. Fig. 8) und nur durchschimmert, verlässt die Ohrhöhle im Canalis Fallopiae bei F.



Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig



Tafel III.

Fig. 2. Rechtes knöchernes Labyrinth; cp Canal. post.; ca Canal. ant., der etwa an der Stelle, wo die Bezeichnung steht, stark über die Fläche gebogen ist. Der Erker E zeigt vorn die Fenestra rotunda mit der Membrana tympani secundaria m. Neben diesem Fenster, getrennt durch das Stäbchen St, sieht man durch die Fenestra ovalis hindurch ins Innere der Kapsel und erblickt hinten die Durchtrittstelle des Ramulus cochlearis. S Schnecke. Vergr. 5 : 1.

Fig. 8. Ein Stück des eröffneten Canal. Fallopiae. a innere Schädelplatte, in der sich die Oeffnung h (vergl. die Figuren 6 und 7) für den Nerv. facialis befindet. Der Fallopische Kanal nimmt den Seitenkanal b auf, ebenso den Sinus extern. se, und erweitert sich zu dem Kanal c, der um das Vorfenster herumläuft. Oberhalb des Kanals sieht man das Foram. communicans; ce Canal. extern.; cp Canal. post. Vergr. 3 1/2 : 1.

Fig. 11. Die Columella c mit dem Operculum op. Der Knorpel K stellt die Verbindung mit dem Trommelfell her und ist dargestellt wie er nach dem Herausreissen aus dem Trommelfell mehr weniger verstümmelt an der Columella hängen bleibt. Vergr. 15 : 1.

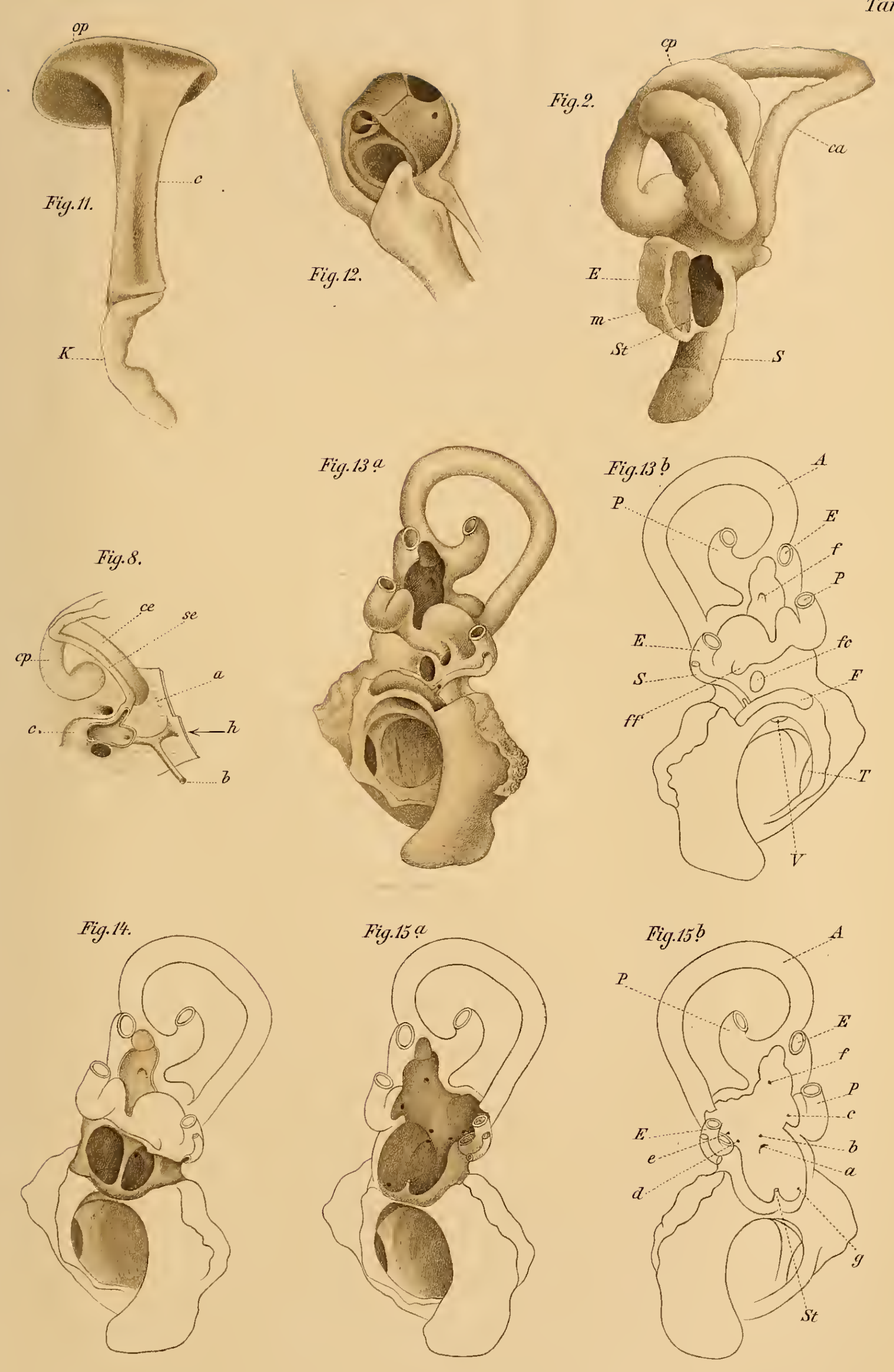
Fig. 12. Einblick in die Paukenhöhle nach Entfernung des Trommelfells. Die Columella sieht aus dem Vorloch heraus.

Fig. 13a und **13b.** Theilweise Eröffnung der rechten und linken Labyrinthkapsel; A Canal. ant.; P Canal. post.; E Canal. extern.; S Sinus extern.; F Canal. Fallopiae; fc Foram. communicans; ff Foram. falsum; V Vorfenster; T Eingang zur Tuba Eustachii; f Foram. aquaeductus vestibuli. Vergr. 3 1/2 : 1.

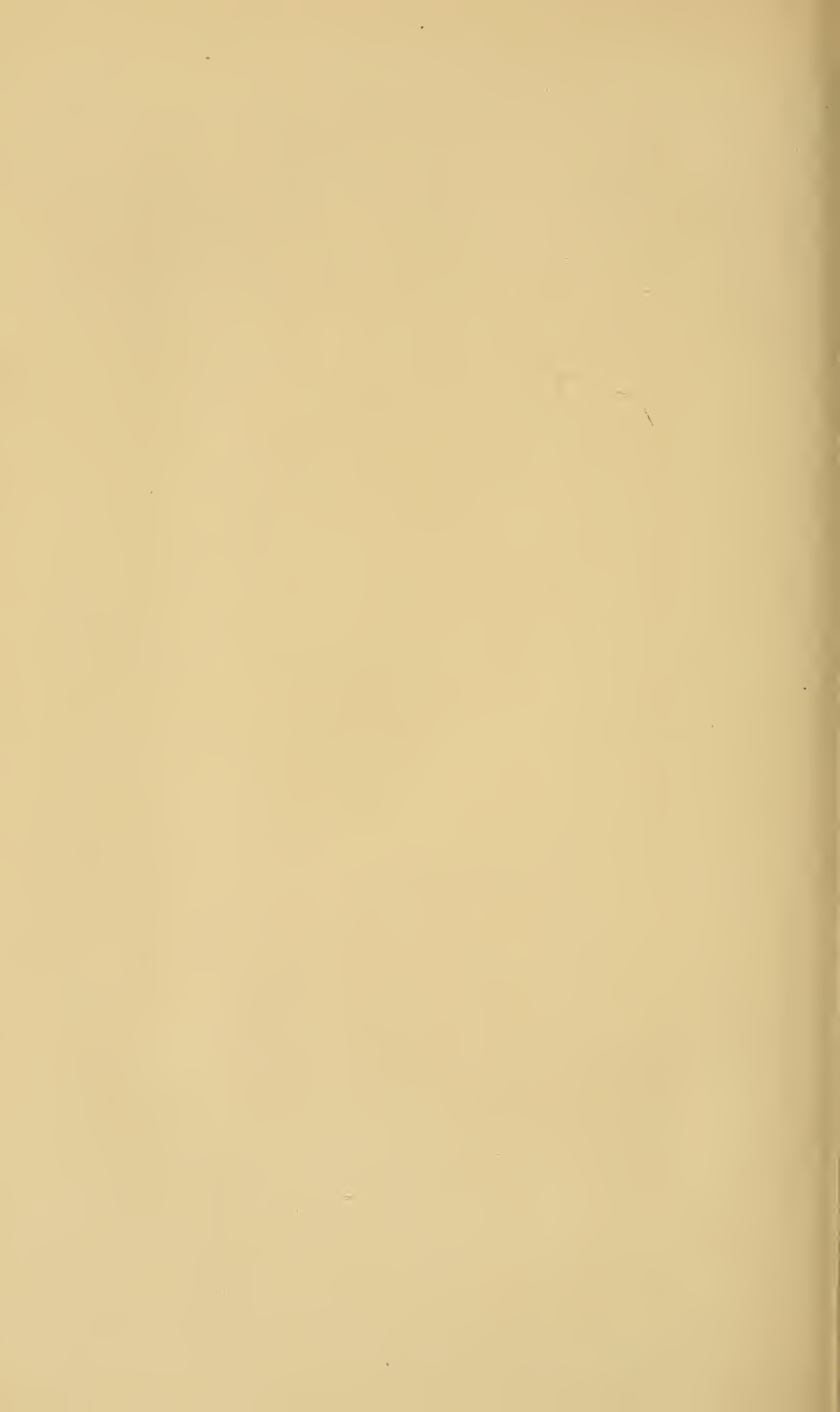
Fig. 14. Weitere Eröffnung des Präparats der Fig. 13. Die Fenestra ovalis liegt frei zu Tage, durch sie hindurch sieht man das Foram. raml. cochlear. Der Erker ist aufgebrochen und an seinem Boden bemerkt man die innere Oeffnung des aquaeductus cochleae. Das Stäbchen, welches sich zwischen dem ovalen Fenster und dem Erker befindet, ist noch erhalten.

Fig. 15a und **15b.** Noch weitere Eröffnung des Präparats der Fig. 13. A Canal. ant.; P Canal. post.; E Canal. extern.; St Stäbchen; a Foram. raml. cochlear.; b Foram. raml. sacculi; c Foram. raml. amp. post.; d Foram. raml. amp. extern.; e Foram. raml. amp. ant.; f Foram. aquaeductus vestibuli; g Foram. aquaeductus cochleae.

Taf. III.



Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig.



Tafel IV.

Fig. 16a und **16b.** Innere Wand der rechten und linken Ohrhöhle. Von dem Canal. extern. und post. sind nur ganz kurze Stücke stehen geblieben. Die Schädelwand, die den Canal. ant. umgiebt, ist dagegen erhalten worden, und man sieht in ihr die nicht unmittelbar am Canal. post. P befindliche Oeffnung l des Cavum mesooticum. Die Bezeichnungen sind im Uebrigen die gleichen wie bei den vorigen Abbildungen.

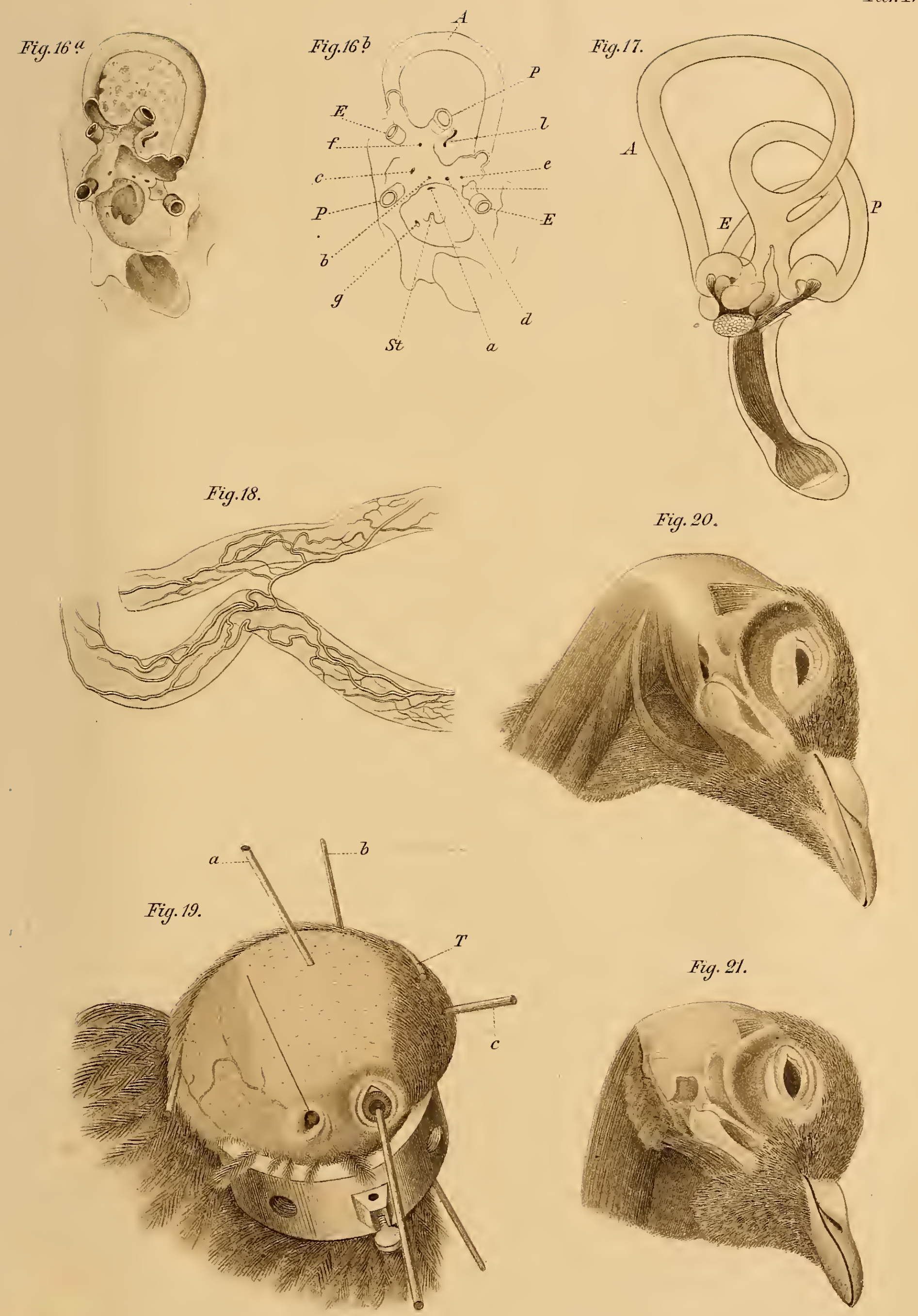
Fig. 17. Das häutige Labyrinth der Taube nach einer Abbildung von Retzius verkleinert. A Canal. ant.; P Canal. post.; E Canal. extern.; Vergr. $5\,{}^{1}/_{2}:1$.

Fig. 18. Die Kreuzungsstelle der häutigen Kanäle am grossen Kreuz. Die Blutgefässe gehen von einem Kanal auf den andern über, aber die Kanäle haben sonst keine Verbindung.

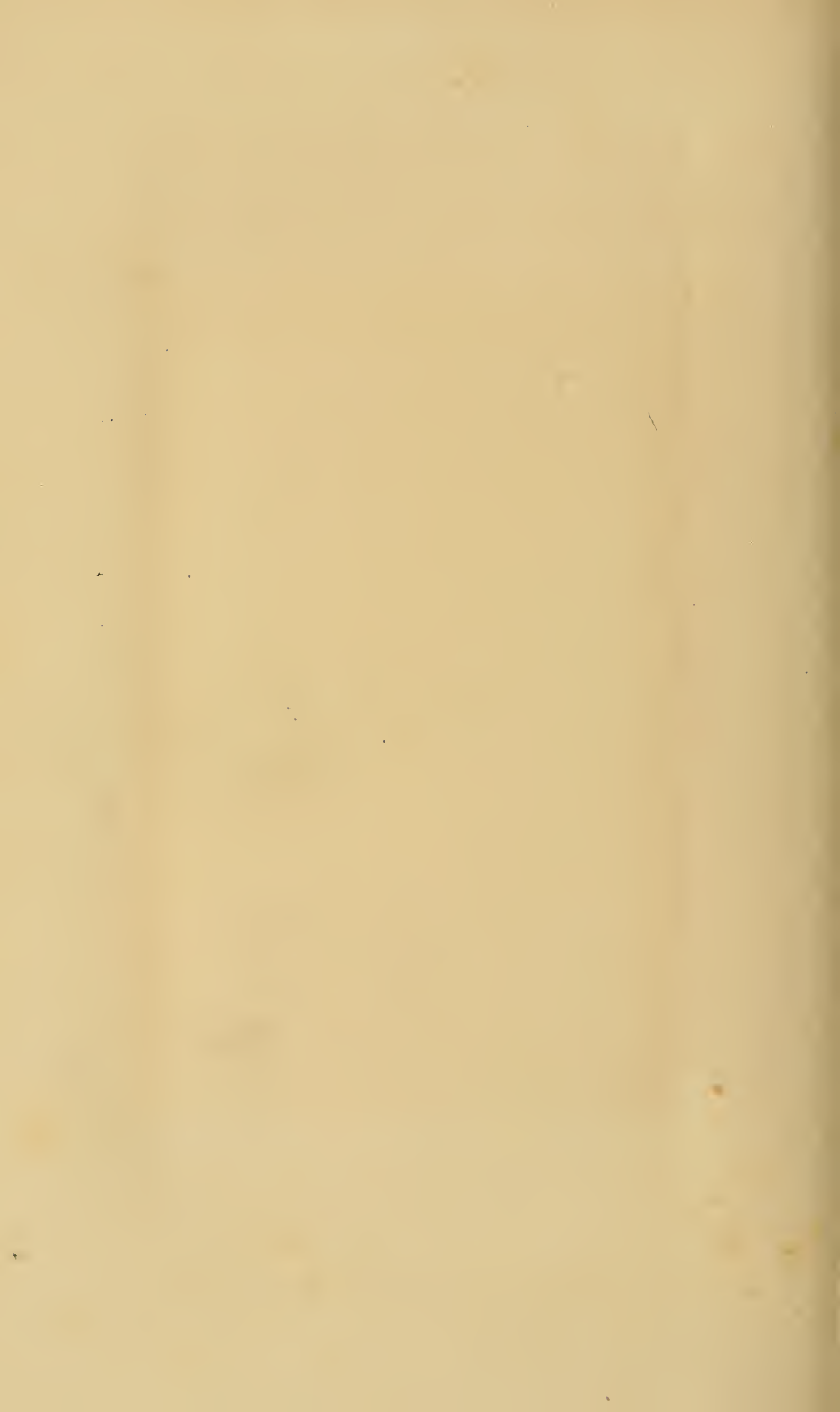
Fig. 19. Der geschorene Kopf der Taube im Ring des Taubenhalters. Um die Lage der Schnabel-, der Augen- und der Scheitelachse zu bezeichnen, sind die Nadeln a, b und c durch den Kopf gesteckt. Der Hautschnitt, welcher von der Medianlinie zum Ohr führt, ist angegeben. Links von diesem sieht man die Grenze der Nackenmuskeln, die Linea semicircularis, durch die Haut schimmern. T ist der um den Kopf herumgebogene Draht des T-Stücks des Taubenhalters, dessen anderes Ende man hinten am Nacken bemerkt.

Fig. 20. Muskelpräparat von der Ohrgegend der Taube.

Fig. 21. Die Muskulatur der Ohrgegend ist so weit herabgeschoben, dass man sowohl die Ohrhöhle mit dem grossen Kreuz durch die Schädeldecke durchschimmern sieht, als auch das ganze Trommelfell überblickt. Bei den Operationen wird aber das Trommelfell nicht frei gelegt.



Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig.





Aus „Ewald, Physiolog. Untersuch. über das Endorgan



PHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

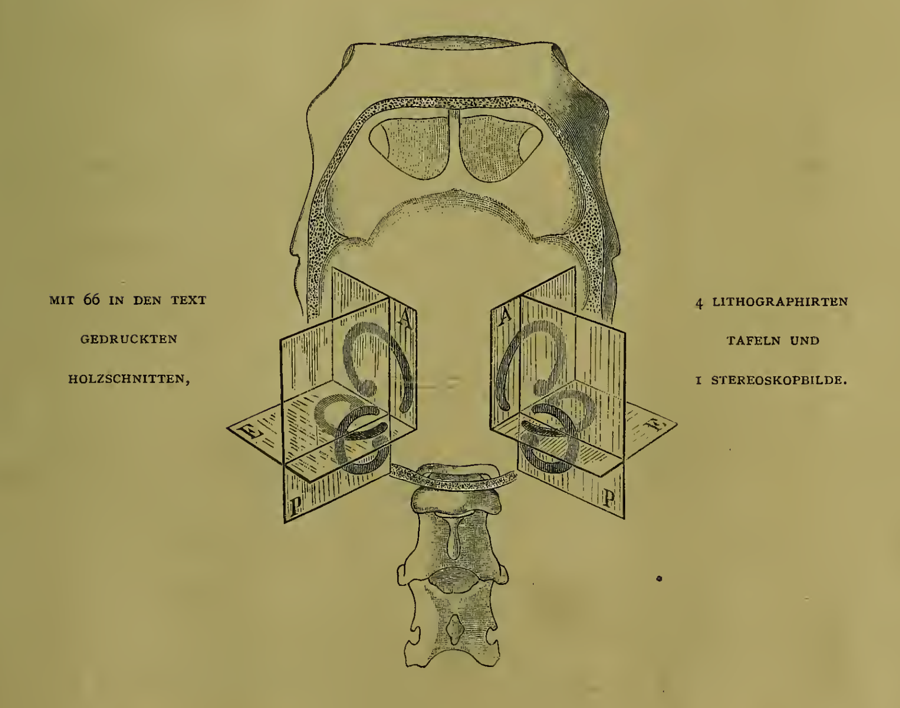
UEBER DAS

ENDORGAN DES NERVUS OCTAVUS

VON

DR. J. RICHARD EWALD,

PROFESSOR E. O. AN DER UNIVERSITÄT STRASSBURG.



MIT 66 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN, 4 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN UND 1 STEREOSKOPBILDE.

WIESBADEN.

VERLAG VON J. F. BERGMANN.

1892.

Zeitschrift für Ohrenheilkunde

in deutscher und englischer Sprache

herausgegeben von

H. Knapp in New-York und **S. Moos** in Heidelberg.

Preis pro Band: 16 Mark.

Der unlängst vollendete **zweiundzwanzigste** Band enthält u. A.:

I. Originalabhandlungen.

Ausmeisselung einer Revolverkugel aus dem Felsenbein mit Erhaltung des Gehörs. Von Oskar Wolf in Frankfurt a. M. — Differentialdiagnostische Merkmale zur Unterscheidung zwischen normalem und pathologischem menschlichen Riechepithel, resp. respiratorischem Flimmerepithel. Von H. Suchannek in Zürich. — Ein Fall von Taubstummheit mit Acusticusatrophie und Bildungsanomalien im häutigen Labyrinth beiderseits. Von A. Scheibe in München. (Mit Tafel I.) — Otitis externa haemorrhagica. Von G. Bacon in New-York. — Zwei Fälle von Perichondritis der Ohrmuschel, behandelt mit dem scharfen Löffel und Drainage. Von J. B. Mc. Mahon in New-York. — Ein Fall von idiopathischer Perichondritis der linken Ohrmuschel. Von Henry Ferrer in San Francisco, Cal. — Ein Fall von permanenter Taubheit, wahrscheinlich in Folge von Chinin. Von Samuel G. Dabney in Louisville, Ky. — Ueber die chirurgische Behandlung der diffusen, phlegmonösen Entzündung der Ohrmuschel. Von E. Grüning in New-York. — Zwei Fälle von Hirnabscess in Folge lang dauernder Otorrhoe. Operation, Heilung. Von Urban Pritchard in London. — Primäre Periostitis des Warzenfortsatzes. Von S. C. Ayres in Cincinnati, Ohio. — Verlust von Trommelfell, Hammer, Ambos und Steigbügel, mit gutem Gehör. Von C. F. Clark in Columbus, O. — Ueber Erkrankung des Warzenfortsatzes; mit Krankengeschichten. Von G. Bacon in New-York. — Verknöcherung der Ohrmuschel infolge serös-eitriger Perichondritis. Von H. Knapp in New-York. (Mit 3 Abbildungen im Texte.) — Weitere Untersuchungen über Labyrinthbefunde von sechs Felsenbeinen an Diphtherie verstorbener Kinder. Von S. Moos in Heidelberg. (Hierzu Tafel II.) — Ueber Schliessung und Oeffnung der Rachenmündung der Tuba Eustachii. Von Hugo Beckmann in Heidelberg. — Bemerkungen zur Topographie der normalen menschlichen Paukenhöhle. Von William S. Bryant in Boston. (Hierzu Tafel A.) — Neubildung von Schleimhaut in der normalen Paukenhöhle. Ihre klinische Bedeutung. Von Clarence J. Blake in Boston. — Operative Massnahmen bei Schwerhörigkeit. Von E. B. Dench in New-York. — Knochengeschwülste des Gehörgangs und deren Entfernung. Von Urban Pritchard in London. (Mit 2 Abbildungen im Texte.) — Fall lebender Larven im Ohr. Von W. E. Baxter in Bangor, Me. — Ein Fall von Cholesteatom und ausgedehnter Caries des Warzenfortsatzes ohne örtliche Entzündungszeichen. Tod durch Sinusthrombose und Meningitis. Von H. Friedenwald aus Baltimore. (Mit 2 Abbildungen im Texte.) — Ueber perforirte Ohrpolypen. Von L. Grünwald in München. — Ueber die Conformation der Ohrmuschel bei den Verbrecherinnen. Von G. Gradenigo in Turin. — Untersuchungen über einige topographische Verhältnisse am Schläfenbein. Dritte Reihe. Von Otto Körner in Frankfurt a. M. — Ein Fall von Zerstörung und theilweiser Verknöcherung beider Labyrinthe, muthmasslich in Folge einer Meningitis. Von H. Steinbrügge in Giessen. (Mit 2 Abbildungen.) — Ein Fall von Taubstummheit nach Masern nebst dem Obductionsbefund. Von Holger Mygind in Kopenhagen. (Uebersetzt von Leon Asher.) — Praktischer Handgriff bei Verwendung des Kabierske'schen Pulverbläsers, sowie des Tröltsch'schen Zerstäubungsapparats. Von H. Suchannek in Zürich. (Mit einer Abbildung im Texte.) — Eine seltene Erkrankung des Labyrinthes, wahrscheinlich durch die Scharlachaffection des Kindes entstanden. Von Egmont Baumgarten in Budapest. — Operativ geheilter Hirnabscess nach Otitis med. acuta. Von C. Truckenbrod in Hamburg. (Mit vier Abbildungen im Texte.) — Ein Fall von hochgradigem Nervenschwund in sämmtlichen Windungen der Schnecke. Von Prof. Fr. Bezold u. Dr. A. Scheibe. (Mit einer Abbildung.) — Die Taubstummen in Dänemark. Von Holger Mygind in Kopenhagen. — Beiträge zur functionellen Prüfung des normalen Ohres. Von F. Siebenmann in Basel. — Hörprüfungsresultate bei reinem Tubencatarrh. Von F. Siebenmann in Basel.

II. Systematischer Bericht über die Leistungen und Fortschritte der Ohrenheilkunde im Jahre 1890/91.

Druck der kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.







